



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ

«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΥΓΙΕΙΝΗ»

ΠΟΙΟΤΗΤΑ-ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΥΔΑΤΩΝ & ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: «ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΙΘΑΝΩΝ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΩΝ ΜΟΛΥΝΣΕΩΝ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΜΑΤΑΣ ΣΤΑ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ»

ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΤΣΙΟΥΝΤΣΙΟΥΡΑ

Τεχνολόγος Γεωπόνος Ζωικής Παραγωγής Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,
Γαϊόπολις

Λάρισα 2020



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ

«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΥΓΙΕΙΝΗ»

ΠΟΙΟΤΗΤΑ-ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΥΔΑΤΩΝ & ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: «ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΙΘΑΝΩΝ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΩΝ ΜΟΛΥΝΣΕΩΝ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΜΑΤΑΣ ΣΤΑ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ»

ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΤΣΙΟΥΝΤΣΙΟΥΡΑ

Τεχνολόγος Γεωπόνος Ζωικής Παραγωγής - Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,
Γαϊόπολις

Λάρισα 2020

ΔΗΛΩΣΗ

«Δηλώνω υπευθύνως ότι όλα τα στοιχεία στην παρούσα εργασία με τίτλο: «ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΙΘΑΝΩΝ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΩΝ ΜΟΛΥΝΣΕΩΝ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΜΑΤΑΣ ΣΤΑ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ» τα απέκτησα, τα επεξεργάσθηκα και τα παρουσιάζω σύμφωνα με τους κανόνες και τις αρχές της ακαδημαϊκής δεοντολογίας, καθώς και τους νόμους που διέπουν την έρευνα και την πνευματική ιδιοκτησία. Δηλώνω επίσης υπευθύνως ότι, όπως απαιτείται από αυτούς τους κανόνες, αναφέρομαι και παραπέμπω στις πηγές όλων των στοιχείων που χρησιμοποιώ και τα οποία δεν συνιστούν πρωτότυπη δημιουργία μου».

Επιτροπή επίβλεψης:

Επιβλέπων

Δρ. Αλέξανδρος Παπαχατζής

Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Συνεπιβλέπων

Δρ. Κωνσταντίνος Κακάβας

Λέκτορας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Συνεπιβλέπων

Δρ. Ιωάννης Βαγγέλας

Επίκουρος Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Αφιερωμένη στον Αλέξη.....

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το κεντρικό θέμα που πραγματεύεται η παρούσα πειραματική εργασία είναι ο «Προσδιορισμός πιθανών μικροβιακών μολύνσεων σε καλλιέργεια τομάτας σε Γεωθερμικά Θερμοκήπια».

Η παρούσα εργασία θα πραγματοποιηθεί στα Γεωθερμικά Θερμοκήπια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, και βασίζεται στην χρήση αβαθούς γεωθερμίας με την βοήθεια των αντλιών θερμότητας, τα συγκεκριμένα θερμοκήπια είναι τα μοναδικά στην Ελλάδα και ανήκουν διοικητικά στο Θεσμοθετημένο Εργαστήριο «Δενδροκηπευτικών & Εδαφικών Πόρων, **HORTLAB**», του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στη Λάρισα. Η λειτουργία τους στηρίζεται στην χρήση «Κλειστών Υδροπονικών» συστημάτων καλλιέργειας (λίπανσης και άρδευσης), ενώ παράλληλα γίνεται εκμετάλλευση των όμβριων υδάτων που συλλέγονται από τις υδρορροές των συγκεκριμένων θερμοκηπίων.

Σκοπός της παρούσας πειραματικής εργασίας είναι ο προσδιορισμός της πιθανής ύπαρξης παθογόνων μικροοργανισμών και η ανίχνευση τους (*E. Coli*, κολοβακτηριοειδή, εντερόκοκκου, *Cl. Perfrigen* και Ολική μικροβιακή χλωρίδα) σε καρπούς τομάτας αλλά και στο νερό που χρησιμοποιείται για την υδρολίπανση τους.

Το σκεπτικό της συγκεκριμένης έρευνας, είναι ότι πιθανότατα με την χρήση διαφόρων λιπασμάτων ζωικής προέλευσης (λόγω ύπαρξης αζωτούχων ουσιών), να βρίσκονται κάποια από τα μικρόβια που προαναφέρθηκαν και ειδικά αν κάποια απ'αυτά τα εκτρεφόμενα ζώα έχουν υψηλό μικροβιολογικό φορτίο στα βιολογικά εκκρινόμενα υγρά. Τα ερωτήματα της συγκεκριμένης έρευνας είναι για το αν υπάρχει πιθανότητα να μολυνθούν οι καρποί στην καλλιέργεια της τομάτας, και αν όντως αυτό ισχύει, τότε πως μπορεί να αντιμετωπισθεί.

Για να οδηγηθούμε σε ασφαλή συμπεράσματα με το συγκεκριμένο πείραμα, θα προχωρήσουμε σε μικροβιολογικές αναλύσεις σε δείγματα από φυτά τομάτας και νερού υδρολίπανσης, που θα λειφθούν σε όλα τα στάδια της καλλιέργειας.

Λέξεις-κλειδιά: Υδροπονικά συστήματα, παραγωγή τομάτας, χρήση αβαθούς γεωθερμίας, παθογόνοι μικροοργανισμοί.

ABSTRACT

The main object of this experimental work is the "identification of possible microbial infections in tomato cultivation in geothermal greenhouses". The current research work will take place in the Geothermal Greenhouses of the University of Thessaly, that are based on the exploitation of shallow geothermy by using geothermal heat pumps, as these greenhouses are unique in Greece and belong administratively to the Cerified Laboratory of "Horticultural and Soil Resources, HORTLAB", University of Thessaly, Larissa. The Hydroponical System, is a "close type" (for the re-use the water for fertilization and irrigation), while at the same time exploiting rainwater collected from the gutters of these greenhouses. The purpose of this experimental work is to identify the possible existence of pathogenic microorganisms and to detect them (*E. Coli*, *coliforms*, *Enterococci*, *Cl. Perfrigen* and Total microbial flora) in the tomato fruits together with the fertigation water that we use.

The scientific hypothesis on which this current experimental work is based, is to show that with the use of various fertilisers of animal origin (for the percentage of nitrogenous substances that they have), some of the pathogens mentioned above are found, especially if some of these farmed animals have a high Microbiological load on organic excreted liquids. The questions of this research is about the possibility of contamination of the tomato fruits and if there is, then how it can be treated.

In order to have more reliable results from the experiment, we will proceed to microbiological analyses on tomato samples and fertigation water, taken during all the stages of the cultivation.

Keywords: *Hydroponic systems, tomato production, use of shallow geothermal, pathogens and microorganisms.*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	XIX
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	XX
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΑΤΩΝ	XXI
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^Ο ΕΙΣΑΓΩΓΗ	- 1 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^Ο ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ	- 2 -
3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ.....	- 2 -
3.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ	- 3 -
3.3 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	- 4 -
3.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ	- 7 -
3.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ	- 7 -
3.5.1 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.....	- 8 -
3.5.2 Τηλεθέρμανση	- 8 -
3.5.3 Αφαλάτωση.....	- 9 -
3.5.4 Βιομηχανία	- 9 -
3.5.5 Αγροτικές χρήσεις	- 10 -
3.5.6 Υδατοκαλλιέργειες.....	- 10 -
3.5.7 Λουτροθεραπεία και θέρμανση πισινών και θεραπευτικών μονάδων.	- 11 -
3.6 ΑΒΑΘΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ	- 11 -
3.7 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΟΦΕΛΗ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ	- 11 -
3.7.1 Περιβαλλοντικά οφέλη της γεωθερμικής ενέργειας	- 13 -
3.8 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ.....	- 13 -
3.9 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ	- 14 -
3.10 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....	- 16 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^Ο ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ.....	- 17 -
4.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	- 17 -
4.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ – ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	- 18 -
4.3 ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	- 22 -
4.4 ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΜΕ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	- 23 -
4.4.1 Θέρμανση θερμοκηπίου με “αβαθή γεωθερμία”.....	- 25 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^Ο ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ.....	- 27 -
5.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ	- 27 -
5.2 ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	- 27 -
5.3 ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	- 28 -
5.3.1 Ανοιχτό υδροπονικό σύστημα.....	- 28 -
5.3.2 Κλειστό υδροπονικό σύστημα.....	- 29 -
5.4 ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ	- 31 -
5.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	- 32 -
5.6 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ	- 33 -
5.6.1 Ορισμός υποστρωμάτων	- 34 -
5.6.2 Υποστρώματα.....	- 35 -

5.6.2.1 Πετροβάμβακας	- 35 -
5.6.2.2 Περλίτης	- 35 -
5.6.2.3 Ελαφρόπετρα	- 35 -
5.6.2.3 Ίνες καρύδας.....	- 35 -
5.6.2.4 Τύρφη	- 36 -
5.7 ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΜΑΤΑΣ.....	- 36 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ, ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ & ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΗΣ ΤΟΜΑΤΑΣ	- 37 -
6.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ ΤΟΜΑΤΑΣ	- 37 -
6.1.2 Καταγωγή του φυτού.....	- 37 -
6.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΜΑΤΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	- 38 -
6.3 ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΜΑΤΑΣ.....	- 39 -
6.3.1 Ριζικό σύστημα	- 39 -
6.3.2 Βλαστός	- 40 -
6.3.3 Φύλλα	- 41 -
6.3.4 Άνθη	- 42 -
6.3.5 Καρπός	- 43 -
6.3.6 Σπόρος.....	- 43 -
6.4 ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ	- 44 -
6.5 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ	- 46 -
6.5.1 Κλάδεμα.....	- 47 -
6.6 ΕΔΑΦΟΚΛΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	- 49 -
6.7 ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΤΟΜΑΤΑΣ.....	- 49 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΔΗΜΙΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΡΕΣΚΩΝ ΦΡΟΥΤΩΝ ΚΑΙ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ	- 58 -
7.1 ΠΑΘΟΓΟΝΑ ΠΟΥ ΕΜΠΛΕΚΟΝΤΑΙ ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΚΑ ΜΕ ΤΙΣ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΤΟΜΑΤΑ	- 59 -
7.2 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ 2073/2005 ΓΙΑ ΛΑΧΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΦΡΟΥΤΑ.....	- 60 -
7.3 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΟΜΑΤΕΣ.....	- 62 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	- 63 -
8.2 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	- 63 -
8.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	- 63 -
8.3.1 Ψύξη-θέρμανση.....	- 65 -
8.3.2 Υδροπονικό σύστημα.....	- 65 -
8.3.3 Λίπανση	- 66 -
8.3.4 Θρεπτικό διάλυμα	- 67 -
8.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	- 67 -
8.5 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΚΟΚΟΦΟΙΝΙΚΑ	- 68 -
8.6 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	- 69 -
8.7 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΣΕ ΤΡΥΒΛΙΑ.....	- 70 -
8.8 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ	- 72 -
8.9 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	- 78 -
10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	- 85 -
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	- 86 -

Ευχαριστίες

Έχω την ανάγκη να εκφράσω από καρδιάς τις ευχαριστίες μου, στους ανθρώπους που συνέλαβαν στην προσπάθεια της υλοποίησης αυτής της εργασίας. Πρώτα από όλους Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα Καθηγητή, Δρ. Αλέξανδρο Παπαχατζή για την προτροπή του να ασχοληθώ με αυτό το τόσο ενδιαφέρον θέμα και για την συνεχή συμπαράσταση και υποστήριξη, που μου έδωσε αυτό το διάστημα μέχρι την ολοκλήρωση της εργασίας. Τον ευχαριστώ θερμά για την πολύτιμη καθοδήγησή του και την αμέριστη βοήθειά του σε όλα τα στάδια της διαεμπειρώσεως της διπλωματικής μου.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συνεπιβλέποντα Λέκτορα, Δρ. Κων/νο Κακάβα που χωρίς την πολύτιμη βοήθεια του δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί το πειραματικό μέρος της μεταπτυχιακής μου εργασίας. Τον ευχαριστώ ιδιαίτερα για την αδιάλειπτη καθοδήγηση, τις ουσιώδεις συμβουλές και το υλικό που μου παρείχε.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογενειά μου που ήταν αρωγός και συμπαράστατης των προσπαθειών μου.

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Παγκόσμια χρήση γεωθερμίας ανά τομέα.....	8
Πίνακας 2: Σύγκριση εκπομπών CO ₂ g/kwh για συστήματα άμεσης θέρμανσης χρησιμοποιώντας τη γεωθερμική ενέργεια και τα συμβατικά θερμοκήπια.....	11
Πίνακας 3: Η εξέλιξη των θερμοκηπίων στη χώρα μας.....	19
Πίνακας 4: Καλλιεργούμενες εκτάσεις τομάτας στην Ελλάδα.....	37
Πίνακας 5: Μικροβιολογικά κριτήρια για τα τρόφιμα.....	59
Πίνακας 6: Καταγραφή υλικών.....	67
Πίνακας 7: Καταγραφή οργάνων και συσκευών.....	68
Πίνακας 8: Θρεπτικά υποστρώματα μικροοργανισμών.....	68
Πίνακας 9: Κατάλληλο pH ανάπτυξης των μικροοργανισμών.....	69
Πίνακας 10: Αποτελέσματα καταμέτρησης αποικιών.....	79
Πίνακας 11: Αποτελέσματα καταμέτρησης αποικιών.....	82

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΑΤΩΝ

Σχεδιάγραμμα 1: Σχεδιάγραμμα ανοικτού υδροπονικού συστήματος με χρήση αναμικτικής δεξαμενής.....27

Σχεδιάγραμμα 2: Σχεδιάγραμμα κλειστού (με ανακύκλωση) υδροπονικού συστήματος δεξαμενών μεμονομένων θρεπτικών στοιχείων με χρήση αναμικτικής δεξαμενής.....28

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα θερμοκήπια προσφέρουν ένα ζεστό κλίμα για την εξάπλωση θερμότητας που χρειάζονται τα φυτά εποχής ή τα φυτά που καλλιεργούνται εκτός της εποχής τους. Αυτές οι δομές χρησιμοποιούνται για να διατηρούν μια ιδανική θερμοκρασία ανεξάρτητα από τις εξωτερικές συνθήκες. Ανάλογα με την τοποθεσία, πολλοί παραγωγοί θα ξεκινήσουν την καλλιέργεια των φυτών τους μέσα στο θερμοκήπιο τους και στη συνέχεια θα μεταφέρουν αυτά τα φυτά στον κήπο τους όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι πιο σταθερές και ιδανικές. Εντούτοις, ορισμένες περιοχές ενδέχεται να εμφανίζουν δραματικές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας ακόμη και το καλοκαίρι. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ίσως είναι καλύτερο να φυλάσσονται τα φυτά μέσα στο θερμοκήπιο για ολόκληρη την καλλιεργητική περίοδο.

Η γεωθερμική μορφή ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση του θερμοκηπίου, και η λειτουργία της θα μπορούσε να στηρίζεται στην χρήση κλειστών «Υδροπονικών» συστημάτων καλλιέργειας (λίπανσης και άρδευσης), ενώ παράλληλα να γίνεται εκμετάλλευση των όμβριων υδάτων που συλλέγονται από τις υδρορροές των συγκεκριμένων θερμοκηπίων για την εξοικονόμηση νερού.

Οι απαιτήσεις των θερμοκηπίων για ενέργεια συνδέονται άμεσα με τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν, ενώ το κόστος θέρμανσής τους αντιπροσωπεύει μέχρι και το 35-40% του λειτουργικού κόστους. Η χρήση της «αβαθούς γεωθερμίας», η οποία αξιοποιεί την σταθερή θερμοκρασία του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, βάθους μέχρι 150m περίπου και θερμοκρασία που συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 15 με 17 °C, δύναται να καλύψει τις απαιτήσεις των θερμοκηπίων για ενέργεια. Τα θερμοκήπια σήμερα, καθώς και οι χαμηλής κάλυψης καλλιέργειες (χαμηλά τούνελ) κατέχουν το μεγαλύτερο παγκοσμίως, μερίδιο γεωργικής παραγωγικής χρήσης της γεωθερμικής ενέργειας, με χρήση ακόμη και σε αποξήρανση αγροτικών προϊόντων, σε ιχθυοκαλλιέργειες, όπως και σε κάθε είδους φυτώρια. Η χρήση της γεωθερμίας μπορεί να προσφέρει πολλά τοπικά πλεονεκτήματα και οικονομική ανάπτυξη, μιας και ένα μέσο θερμοκήπιο μπορεί να εξοικονομήσει ένα πολύ μεγάλο μέρος των λειτουργικών του εξόδων από καύσιμα, που μπορεί να ξεπεράσει ακόμη και το 75%.

Παράλληλα και με την χρήση κλειστών «υδροπονικών» συστημάτων καλλιέργειας και με την εκμετάλλευση των όμβριων υδάτων που συλλέγονται από τις υδρορροές των συγκεκριμένων θερμοκηπίων, πετυχαίνεται μείωση της κατανάλωσης νερού που φθάνει το εντυπωσιακό ποσοστό 90%.

Η παρούσα πειραματική εργασία έχει στόχο τον προσδιορισμό πιθανών μικροβιακών μολύνσεων σε καλλιέργεια τομάτας στα γεωθερμικά θερμοκήπια.

Τα ερωτήματα της συγκεκριμένης έρευνας είναι: α) με το αν επιμολύνονται οι καρποί από τα φυτά τομάτας που καλλιεργούνται, περνώντας τα μικρόβια από το διάλυμα

υδρολίπανσης, β) ποιοι μπορεί να είναι αυτοί οι μικροοργανισμοί και τι μπορεί να προκαλέσουν στην ανθρώπινη υγεία και γ) πως αυτό αντιμετωπίζεται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

3.1 Ορισμός γεωθερμίας

Η γεωθερμική ενέργεια είναι η θερμική ενέργεια που παράγεται και αποθηκεύεται στη γη, επίσης είναι η ενέργεια που καθορίζει τη θερμοκρασία του εδάφους. Η γεωθερμική αυτή ενέργεια προέρχεται από τον αρχικό σχηματισμό του πλανήτη και από τη ραδιενεργή αποσύνθεση των υλικών. Η γεωθερμία, η οποία είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του πυρήνα του πλανήτη και της επιφάνειάς του, οδηγεί σε συνεχή αγωγή θερμικής ενέργειας με τη μορφή θερμότητας από τον πυρήνα στην επιφάνεια.

Ένας από τους σημαντικότερους στόχους της γεωθερμίας στηρίζεται στον εντοπισμό και στις προσπάθειες ώστε να μελετηθούν οι περιοχές στις οποίες υπάρχουν υψηλές τιμές θερμικής ροής από το εσωτερικό της γης και την επιφάνειά της. Στις περιοχές αυτές όπου παρατηρείται αυξημένη θερμική ροή τίθεται σε προτεραιότητα για τη δυνατότητα αξιοποίησης του γεωθερμικού δυναμικού.

Ωστόσο δεν αποτελεί από μόνη της εμπορική αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας, λόγω του ότι παράγοντες όπως το βάθος, η σύσταση του υπεδάφους, η χωροταξία των περιοχών, το κλίμα και η ανάπτυξη καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό τη λήψη αποφάσεων για την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας, επίσης υπάρχει δυσκολία στην αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας εξαιτίας του εξαρτάται σε υψηλό βαθμό από την εξέλιξη της τεχνολογίας και τις δυνατότητες που παρέχει η διείσδυση σε μεγάλα βάθη, πάντα με την προϋπόθεση να πληρούνται οι σχέσεις κόστους-οφέλους σε κάθε περίπτωση.

Σε αντίθεση με τις δυσκολίες που εμπεριέχει η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας που βρίσκεται σε μεγάλα βάθη οι δυνατότητες εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας σε μικρότερα βάθη αναπτύσσονται συνέχεια έστω και αν τα ενεργειακά μεγέθη στα βάθη αυτά υπολείπονται κατά πολύ από τα αντίστοιχα στα μεγαλύτερα. Ο κλάδος αυτός της γεωθερμίας ονομάζεται "αβαθής γεωθερμία" τα βάθη αυτά κυμαίνονται από μερικά εκατοστά κάτω από την επιφάνεια της γης μέχρι τα 150m. Στα βάθη αυτά δεν είναι μόνο η παρουσία ενός ρευστού σε υψηλή θερμοκρασία η οποία καθιστά τις εκάστοτε περιοχές ελκυστικές για ενεργειακή αξιοποίηση.

3.2 Ιστορική αναδρομή της γεωθερμίας

Η γεωθερμική ενέργεια και γενικά τα θερμά νερά ήταν γνωστά στην αρχαιότητα και θεωρούνταν εξαιρετικές οι θεραπευτικές τους ιδιότητες. Τα Ασκληπιεία και πολλοί άλλοι ιεροί χώροι δε βρίσκονταν τυχαία κοντά σε θερμές πηγές. Τα Ομηρικά Έπη καθώς και γραπτά του Ηροδότου, του Πανσανία, του Στράβωνα, του Αριστοτέλη κ.α. μαρτυρούν τη σημαντικότητα των θερμών πηγών για τους αρχαίους Έλληνες. Η χρήση του νερού των θερμών πηγών για ιαματικούς και θρησκευτικούς σκοπούς αποτυπώθηκε και σε πολλά αγγεία που έχουν βρεθεί μέχρι σήμερα. Γνωστές ήταν επίσης οι «Θέρμες του Ηρακλή» (Κουρτίδης, Παπαϊωαννίδου, 2014).

Στην Κίνα, στην Ιαπωνία και στην Αμερική υπάρχουν επίσης πολλές μαρτυρίες στον κλάδο της τέχνης που αποδεικνύουν τη χρήση των φυσικών θερμών ρευστών από τους αρχαίους λαούς. Αξίζει να επισημανθεί πως οι Ετρούσκοι και οι Ρωμαίοι συγκεκριμένα χρησιμοποιούσαν τις θερμές πηγές για τη θέρμανση των κατοικιών τους. Ο Γαλήνος το 2^ο αιώνα μ.Χ. δημιούργησε και τα πρώτα θερμοκήπια από τα οποία παρήγαγε φρούτα εκτός εποχής (Κουρτίδης, Παπαϊωαννίδου, 2014).

Η παλαιότερη πισίνα που έχει εντοπισθεί χρονολογείται από τον 3^ο αιώνα π.Χ. (Εικόνα 1.) και αποδίδεται στη δυναστεία των Qin. Πρόκειται για μια πέτρινη πισίνα που βρέθηκε στο όρος Lisan της Κίνας και στηριζόταν η τροφοδότηση της σε θερμή πηγή της περιοχής. Πρόκειται ουσιαστικά για την πρώτη μορφή ‘spa’» (Κουρτίδης, Παπαϊωαννίδου, 2014).



Εικόνα 1. Η παλαιότερη πισίνα με τροφοδότηση εκ θερμής πηγής (3^{ος} αι. π.χ.)

(Πηγή: Κουρτίδης, Παπαϊωαννίδου, 2014)

Η κατασκευή των πρώτων δημόσιων θερμών λουτρών (Εικόνα 2.) με χρήση θερμών πηγών έγινε τον 1^ο αιώνα μ.Χ. στη σημερινή πόλη Bath της Αγγλίας. Η κατασκευή τους οφείλεται στους Ρωμαίους, όπου με την κατάκτηση ενός τμήματος της Αγγλίας δημιούργησαν αυτά τα λουτρά όχι μόνο προς δημόσια χρήση αλλά και ως χώρους προσκυνήματος αφιερωμένους στη θεά Minerva. Παράλληλα χρησιμοποίησαν τις θερμές πηγές της περιοχής και για την επιδαπέδια θέρμανση των χώρων. Η χρήση των συγκεκριμένων λουτρών είχε κάποιο κόστος και αυτό αποτελεί την πρώτη εμπορική χρήση της γεωθερμικής ενέργειας (Κουρτίδης , Παπαϊωαννίδου, 2014)



Εικόνα 2. Δημόσια λουτρά με τη χρήση θερμών πηγών στην Αγγλία (1ος αι. μ.Χ.)

(Πηγή: Κουρτίδης , Παπαϊωαννίδου, 2014)

Αρκετούς αιώνες αργότερα τον 14^ο αιώνα η γεωθερμία αξιοποιήθηκε για θέρμανση στην περιοχή Claudes-Aigues της Γαλλίας. Ακολούθως στις αρχές του 19ου αιώνα χρησιμοποιήθηκε υπέρθερμος ατμός προς παραγωγή βορικού οξέος και θέρμανση κτιρίων στο Larderello της Ιταλίας. Στην περιοχή αυτή το 1904 πραγματοποιήθηκε η πρώτη προσπάθεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της χρήσης φυσικών ατμών και στέφθηκε με επιτυχία (Κουρτίδης , Παπαϊωαννίδου, 2014).

3.3 Γεωθερμία στην Ελλάδα

Η Ελλάδα είναι πλούσια σε γεωθερμική ενέργεια όπως φαίνεται στον Χάρτη 1. λόγω της ενεργητικής επέκτασης και της ηφαιστειακής της δραστηριότητας. Σε μια παρουσίαση που δόθηκε το 2017, ο Δρ. Απόστολος Αρβανίτης, Γεωλόγος στο Ινστιτούτο Γεωλογίας και Ορυκτών Ερευνών, μοιράστηκε μια φανταστική επισκόπηση

της γεωθερμικής ενέργειας, της εξερεύνησης, των πεδίων, της εκμετάλλευσης και του νομικού πλαισίου ανάπτυξης.

Η γεωθερμική εξερεύνηση στην Ελλάδα ξεκίνησε από το IGME (Ινστιτούτο Γεωλογίας και Ορυκτών Εξερεύνησης της Ελλάδος) στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Δύο γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας (θερμοκρασίες 280-350 βαθμούς Κελσίου σε βάθη 1.000-1.816 μ.) εντοπίστηκαν στις Νήσους Μήλου και Νισύρου που βρίσκονται κατά μήκος του ενεργού ηφαιστειακού τόξου του Νότιου Αιγαίου με αποδεδειγμένο γεωθερμικό δυναμικό 30 MWe και εκτιμάται πιθανή πιθανότητα > 200 MWe.

Έχει εντοπιστεί επίσης μεγάλος αριθμός πεδίων χαμηλής ενθαλπίας σε ολόκληρη τη χώρα, παρά όμως το τεράστιο γεωθερμικό αυτό δυναμικό, η εκμετάλλευση εξακολουθεί να είναι περιορισμένη, δεν υπάρχει παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας λόγω της αρνητικής στάσης των κατοίκων της Μήλου και της Νισύρου. Οι άμεσες χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας περιλαμβάνουν θέρμανση θερμοκηπίου, εδάφους, υδατοκαλλιέργειες, ξήρανση, υδροθεραπεία και αντλίες θερμότητας εδάφους (GSHP). Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς εκτιμάται σε 231,76 MWt (Μάρτιος 2016) και οι εφαρμογές GSHP αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 60% αυτού του συνόλου.

Η αγορά GSHP αυξήθηκε ραγδαία από το 2007 και περιλαμβάνει κυρίως εγκαταστάσεις θέρμανσης και ψύξης δημόσιων κτιρίων καθώς και ξενοδοχεία, πισίνες και μερικές γεωργικές / βιομηχανικές εφαρμογές. Η γεωθερμική εξερεύνηση και εκμετάλλευση στην Ελλάδα καθορίζεται από τον γεωθερμικό νόμο 3175/2003 («Εκμετάλλευση γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση και άλλες διατάξεις») και τα σχετικά υπουργικά διατάγματα.

Σήμερα, 32 περιοχές έχουν επίσημα χαρακτηριστεί ως "γεωθερμικά πεδία" που αντιστοιχούν σε περισσότερα από 40 γεωθερμικά πεδία "αποδεδειγμένης / πιθανής" και "υψηλής / χαμηλής θερμοκρασίας".

Άδειες εξερεύνησης, εκμετάλλευσης και διαχείρισης ενός τομέα (ή μέρους του) παρέχονται από τις Αποκεντρωμένες Διοικήσεις (για πεδία χαμηλής θερμοκρασίας) ή απευθείας από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (για πεδία υψηλής θερμοκρασίας). Η βιοϊατρική και η «ανάπτυξη του θεραπευτικού τουρισμού» καθορίζονται από τον Νόμο 3498/2006 και τα σχετικά υπουργικά διατάγματα.

Τέλος, η εκμετάλλευση πολύ χαμηλού γεωθερμικού δυναμικού με χρήση συστημάτων GSHP αναφέρεται στο Ν. 3175/2003 και οι διαδικασίες καθορίζονται με υπουργικό διάταγμα (ΦΕΚ 1249 / Β / 24 Ιουνίου 2009).

- Να μειωθούν οι εκπομπές από τα αέρια των θερμοκηπίων κατά 4% έως το 2020 σε σύγκριση με τα επίπεδα εκπομπής του 2005.

3.4 Κατηγορίες γεωθερμικών πεδίων

Στην Ελλάδα Λόγω ότι υπάρχουν κατάλληλες γεωλογικές συνθήκες ο Ελλαδικός χώρος διαθέτει πολύ σημαντικές γεωθερμικές πηγές σε οικονομικά βάθη, αν όμως εξετάσει κανείς τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ των γεωθερμικών εφαρμογών στην χώρα μας την δεκαετία 2002-2012 συμπεραίνεται ότι ο μοναδικός τομέας που εμφάνισε βελτίωση είναι εκείνος των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας, παρόλο που σε ορισμένες καταστάσεις τα βάθη της γεωθερμίας είναι χαμηλά, και κάνουν ιδιαίτερη και ελκυστική από άποψη οικονομική, την εκμετάλλευση της γεωθερμίας. Τα γεωθερμικά πεδία αναλόγως με την θερμοκρασία του υπεδάφους διακρίνονται σε κατηγορίες οι οποίες είναι οι εξής:

- Υψηλή ενθαλπία όταν η θερμοκρασία είναι $>150^{\circ}\text{C}$
- Μέση ενθαλπία όταν η θερμότητα είναι $90-150^{\circ}\text{C}$
- Χαμηλή ενθαλπία με θερμοκρασίες $25-90^{\circ}\text{C}$
- Πολύ χαμηλή ενθαλπία $<25^{\circ}\text{C}$ (Αβαθής γεωθερμία)
- Πάρα πολύ χαμηλή ενθαλπία <0 (Αρνητική)

3.5 Εφαρμογές της Γεωθερμίας

Η γεωθερμική ενέργεια όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 1.) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για όλους τους χώρους όπως σε κτηνοτροφικές μονάδες οικιακούς χώρους βιομηχανικές εγκαταστάσεις θερμοκήπια κ.λπ., όπου είναι δηλαδή απαραίτητη η θέρμανση ή η Δροσιά. Η θερμοκρασία που ξεπερνάει τους 150 βαθμούς κελσίου είναι κατάλληλη για τη χρήση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όταν είναι χαμηλότερη μπορεί να γίνει αξιοποίηση της ενέργειας για τη θέρμανση κατοικιών κτιριακών εγκαταστάσεων θερμοκηπίων κ.λπ. Η γεωθερμία βρίσκει εφαρμογή στα παρακάτω:

- Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- Τηλεθέρμανση
- Αφαλάτωση
- Βιομηχανία
- Αγροτικές χρήσεις
- Υδατοκαλλιέργειες

- Λουτροθεραπεία και θέρμανση πισίνων και θεραπευτικών μονάδων

Πίνακας 1. Παγκόσμια χρήση γεωθερμίας ανά τομέα (πηγή: παγκόσμιο συνέδριο γεωθερμίας, 2015)

χρήσεις	2015	2010	2005	2000	1995
Αντλίες θερμότητας	325.028	200.149	87.503	23.275	14.617
Θέρμανση χώρων	88.222	63.025	55.256	42.926	38.230
Θερμοκήπια	26.662	23.264	20.661	17.864	15.742
Ιχθυοκαλλιέργειες	11.958	11.521	10.976	11.733	13.493
Ξήρανση τροφίμων	2.030	1.653	2.013	1.038	1.124
Βιομηχανικές χρήσεις	10.453	11.745	10.868	10.220	10.120
Εφαρμογές, σε κολύμβηση	119.381	109.410	83.018	79.546	15.742
Λιώσιμο πάγου	2.600	2.126	2.126	1.063	1.124
Άλλο	1.452	955	1.045	3.034	2.249
Σύνολο	587.786	422.857	273.466	190.699	112.441

3.5.1 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Αυτός ο τρόπος είναι από τους κυριότερους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση συμβατικών ατμοστροβίλων, οι θερμοκρασίες κυμαίνονται περίπου στους 150 °C.

3.5.2 Τηλεθέρμανση

Η γεωθερμική τηλεθέρμανση (GeoDH) είναι η χρήση γεωθερμικής ενέργειας (δηλαδή η ενέργεια που αποθηκεύεται υπό μορφή θερμότητας κάτω από την επιφάνεια της γης) για τη θέρμανση ατομικών και εμπορικών κτιρίων, καθώς και για τη βιομηχανία, μέσω δικτύου διανομής.

Οι πρώτες περιοχές που εγκαθιστούν το GeoDH ήταν εκείνες με το καλύτερο υδροθερμικό δυναμικό, ωστόσο με τις νέες τεχνολογίες και τα συστήματα, υπάρχει μια συνεχώς αυξανόμενη χρήση, που αναπτύσσουν γεωθερμική τεχνολογία για θέρμανση και ψύξη. Τα συστήματα μπορούν να είναι μικρά (από 0,5 έως 2 MWth) και μεγαλύτερα με χωρητικότητα 50 MWth. Υπάρχουν μερικά νέα συστήματα αστικής θέρμανσης που χρησιμοποιούν χαμηλή ενθάλπια γεωθερμίας, με τη βοήθεια μεγάλων αντλιών θερμότητας.

Οι "κυριότερες" αγορές GeoDH στην Ευρώπη βρίσκονται στη Γαλλία (Παρίσι και ανανεωμένη δραστηριότητα στη λεκάνη της Ακουιτανίας), τη Γερμανία (Μόναχο) και την Ουγγαρία, αλλά είναι σημαντικό να υπογραμμίσουμε ότι τα γεωθερμικά συστήματα DH μπορούν να εγκατασταθούν σε όλες τις ευρωπαϊκές χώρες. Τον τελευταίο καιρό, έχουν εισέλθει στην αγορά οι κάτω χώρες, η Ισπανία (Μαδρίτη), το Ηνωμένο Βασίλειο (Newcastle) κλπ. Μέχρι το 2020 σχεδόν όλα τα κράτη της Ευρώπης θα έχουν GeoDH.

3.5.3 Αφαλάτωση

Τα ισχυρά οφέλη αυτής της μεθόδου αφαλάτωσης είναι ότι απαιτεί λιγότερη συντήρηση από τις μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης και ότι η εισροή πρωτογενούς ενέργειας προέρχεται από τη γεωθερμική θερμότητα, η οποία είναι μια πηγή ενέργειας χαμηλού περιβαλλοντικού αντίκτυπου.

Το 1995, ο Douglas Firestone από τη Νεβάδα επινόησε τη χρήση του γεωθερμικού νερού απευθείας ως πηγή αφαλάτωσης. Το 1998, πολλά άτομα άρχισαν να εργάζονται στην αφαλάτωση νερού εξατμίσεως / συμπύκνωσης αέρα. Το πείραμα ήταν επιτυχές και ήταν μια απόδειξη ότι τα γεωθερμικά ύδατα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως νερό επεξεργασίας για την παραγωγή πόσιμου νερού το 2001.

3.5.4 Βιομηχανία

Η χρήση της γεωθερμίας έχει αρκετές βιομηχανικές εφαρμογές όπως εμφιάλωση νερού και ανθρακούχων ποτών, ξήρανση γης διατομών, επεξεργασία πολτού και χαρτιού, παραγωγή εμπορικών αλάτων και βορικού οξέος, χρήση σε πλυντήρια, παραγωγή με διαχωρισμό του CO₂ και παστερίωση του γάλακτος. Επίσης το ζεστό νερό που προέρχεται από την γεωθερμία μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα για θέρμανση κτηρίων, για προστασία από τον πάγο στους δρόμους, στις πλατείες κ.τ.λ, στα ιαματικά λουτρά και χρήση ζεστού νερού στα ιχθυοτροφεία. Στην Ισλανδία, σχεδόν όλα τα κτίριά τους θερμαίνονται με γεωθερμικό νερό.

3.5.5 Αγροτικές χρήσεις

Η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται ως μέσω θέρμανσης των θερμοκηπίων και του υπεδάφους ανοιχτών καλλιεργειών, και για την επεξεργασία (κυρίως ξήρανση) τροφίμων.

3.5.6 Υδατοκαλλιέργειες

Η υδατοκαλλιέργεια είναι η εκτροφή ψαριών και άλλων υδρόβιων ζώων σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον. Αρχικά είναι η καλλιέργεια ψαριών, οστρακοειδών και άλλων γλυκών ή θαλάσσιων πλασμάτων. Η χρήση γεωθερμικού νερού στην υδατοκαλλιέργεια συμβάλλει στη διατήρηση της θερμοκρασίας του νερού, γεγονός που αυξάνει τα ποσοστά επιβίωσης και κάνει τα πλάσματα του νερού να αναπτύσσονται ταχύτερα.

Η γεωθερμική ενέργεια χαμηλής θερμοκρασίας που δεν είναι αρκετά ζεστή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολύ χρήσιμη για τους ιχθυοκαλλιεργητές. Τα ζώα που αναπτύσσονται σε νερό με κατάλληλη θερμοκρασία αναπτύσσονται γρηγορότερα από αυτά σε κρύο νερό ή νερό με κυμαινόμενες θερμοκρασίες. Είναι επίσης πιο ανθεκτικά στις ασθένειες και πεθαίνουν λιγότερο συχνά. Οι ιχθυοκαλλιεργητές που έχουν πρόσβαση στο γεωθερμικό νερό μπορούν να ρυθμίσουν τις θερμοκρασίες των λιμνών τους. Αν και ο μηχανισμός για να επιτευχθεί αυτό μπορεί να είναι περίπλοκος, βασικά αυτό που συμβαίνει είναι ότι ο ιχθυοκαλλιεργητής ανοίγει βαλβίδες για να επιτρέψει στο γεωθερμικό νερό να ρέει στις λίμνες των ψαριών μέχρι να φτάσουν στην επιθυμητή θερμοκρασία. Οι βαλβίδες είναι στη συνέχεια κλειστές για να αποτρέψουν το πολύ ζεστό νερό. Ο μηχανισμός είναι παρόμοιος με την προσθήκη ζεστού νερού σε μια μπανιέρα για να φέρει τη θερμοκρασία στο επιθυμητό επίπεδο.

Η ροή του νερού μπορεί να ρυθμιστεί καθ' όλη τη διάρκεια του έτους για να ληφθούν υπόψη οι θερμοκρασίες του αέρα. Οι περισσότερες λίμνες περιέχουν κάποιο μηχανισμό για να κυκλοφορούν το νερό και να διατηρούνται όλα σε μια ομοιόμορφη θερμοκρασία. Οι επιχειρήσεις υδατοκαλλιέργειας έχουν συνήθως αρκετές λίμνες, οι οποίες διατηρούνται αρκετά μικρές ώστε να μπορούν να θερμανθούν ή να ψυχθούν εύκολα.

3.5.7 Λουτροθεραπεία και θέρμανση πισίνων και θεραπευτικών μονάδων.

Ακόμα και πριν πολλά χρόνια από τον 1^ο αιώνα γινόταν χρήση της γεωθερμίας με την κατασκευή δημόσιων λουτρών και θεραπευτικών μονάδων.

3.6 Αβαθής γεωθερμία

Η γεωθερμική αυτή ενέργεια βρίσκεται σε βάθος έως 200 μέτρα και σε θερμοκρασίες γύρω στους 25 ° C χρησιμοποιείται για τη θέρμανση και την ψύξη κτιρίων και φυτών. Λόγω της σχετικά χαμηλής θερμοκρασίας, η θερμική ενέργεια από αυτά τα βάθη συνήθως δεν χρησιμοποιείται άμεσα, αλλά αυξάνεται στο απαιτούμενο επίπεδο θερμοκρασίας με αντλίες θερμότητας.

Το ίδιο σύστημα γεωθερμικής ενέργειας, το οποίο θερμαίνεται το χειμώνα, μπορεί επίσης να δροσίσει ένα κτίριο το καλοκαίρι. Το υπέδαφος μπορεί έτσι να χρησιμοποιηθεί και ως πηγή κλιματικών συνθηκών, γεγονός που εξοικονομεί δαπανηρή παραγωγή ψύξης στα συστήματα κλιματισμού.

Η γεωθερμική αβαθής ενέργεια αποδείχθηκε φιλική προς το περιβάλλον και ως εναλλακτική λύση στα ορυκτά καύσιμα για μονοκατοικίες και πολυκατοικίες, και είναι ήδη διαδεδομένη σε όλο τον κόσμο. Τα συστήματα για την αβαθή γεωθερμία είναι, γεωθερμικοί εναλλάκτες θερμότητας, συντριβάνια υπόγειων υδάτων και γεωθερμικοί ανιχνευτές θερμότητας.

3.7 Πλεονεκτήματα-οφέλη και μειονεκτήματα της γεωθερμίας

A) ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Η γεωθερμική ενέργεια έχει αρκετά πλεονεκτήματα όπως το ότι θεωρείται φιλική προς το περιβάλλον. Υπάρχουν βέβαια μερικές ρυπογόνες πτυχές της αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας, αλλά αυτές είναι μικρές σε σύγκριση με τη ρύπανση που συνδέεται με τις συμβατικές πηγές καυσίμων (π.χ. άνθρακα, ορυκτά καύσιμα). Η περαιτέρω ανάπτυξη των γεωθερμικών πόρων θεωρείται χρήσιμη για την καταπολέμηση της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Στην συνέχεια παρουσιάζονται περισσότερα πλεονεκτήματα της γεωθερμικής ενέργειας:

- Η γεωθερμική ενέργεια θεωρείται γενικά φιλική προς το περιβάλλον και δεν προκαλεί σημαντικές ποσότητες ρύπανσης.
- Οι γεωθερμικές δεξαμενές είναι φυσικά ανανεωμένες και επομένως ανανεώσιμες (δεν είναι δυνατόν να εξαντληθούν οι πόροι).
- Μαζικό δυναμικό - οι ανώτερες εκτιμήσεις δείχνουν παγκόσμιο δυναμικό 2 terawatts (TW).
- Εξαιρετική για την ικανοποίηση της ζήτησης αυτής της ενέργειας από το βασικό φορτίο (σε αντίθεση με άλλες ανανεώσιμες πηγές όπως η αιολική και η ηλιακή).
- Ικανοποιητική για θέρμανση και ψύξη - ακόμη και μικρά νοικοκυριά μπορούν να ωφεληθούν.
- Η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας δεν χρησιμοποιεί καύσιμα, πράγμα που σημαίνει λιγότερες διακυμάνσεις του κόστους και σταθερές τιμές ηλεκτρικής ενέργειας.
- Μικρό αποτύπωμα στο έδαφος - μπορεί να κατασκευαστεί εν μέρει υπόγεια.
- Η γεωθερμική ενέργεια είναι διαθέσιμη παντού, αν και μόνο μερικοί πόροι είναι κερδοφόροι.
- Οι πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις (π.χ. ενισχυμένα γεωθερμικά συστήματα) έχουν καταστήσει πιο εύχρηστους πόρους και έχουν μειώσει το κόστος

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2.) γίνεται σύγκριση εκπομπών CO₂ σε g/kWh για συστήματα άμεσης θέρμανσης χρησιμοποιώντας τη γεωθερμική ενέργεια και τα συμβατικά καύσιμα, και όπως φαίνεται είναι μια από τις πιο συμφέρουσες πηγές ενέργειας με μηδαμινές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Πίνακας 2. Σύγκριση εκπομπών CO₂ σε g/kWh για συστήματα άμεσης θέρμανσης χρησιμοποιώντας τη γεωθερμική ενέργεια και τα συμβατικά καύσιμα.

Πηγή Ενέργειας	Εκπομπές CO ₂ Kg/MWh
Άνθρακας	310
Πετρέλαιο	250
Φυσικό αέριο	176
Γεωθερμία	0

3.7.1 Περιβαλλοντικά οφέλη της γεωθερμικής ενέργειας

- Ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- Χαμηλές εκπομπές CO₂
- Λιγότερες επιτόπιες χημικές ουσίες, λιγότερη περιβαλλοντική έκθεση
- Μικρότερο αποτύπωμα από τις συμβατικές ενεργειακές εργασίες εξόρυξης

B) ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Παρ'όλα τα αρκετά πλεονεκτήματα που έχει η γεωθερμική ενέργεια έχει και ορισμένα μειονεκτήματα τα οποία αναφέρονται στην συνέχεια:

- Οι γεωθερμικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής μπορούν σε ακραίες περιπτώσεις να προκαλέσουν σεισμούς.
- Υπάρχουν σοβαρές εκ των προτέρων δαπάνες που σχετίζονται με τους γεωθερμικούς σταθμούς και τα συστήματα γεωθερμικής θέρμανσης / ψύξης.
- Πολύ συγκεκριμένη τοποθεσία (οι περισσότεροι πόροι απλά δεν είναι ανταγωνιστικοί από άποψη κόστους).
- Η γεωθερμική ενέργεια είναι μόνο βιώσιμη (ανανεώσιμη) εάν οι δεξαμενές διοικούνται σωστά.
- Πιθανότητα εξάντλησης γεωθερμικών πηγών.
- Υψηλό κόστος για το γεωθερμικό σύστημα.
- Απαιτήσεις γης για εγκατάσταση γεωθερμικού συστήματος.

3.8 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εκμετάλλευση της γεωθερμίας

Μία από τις κυριότερες επιπτώσεις από την χρήση της γεωθερμίας κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, είναι πως απελευθερώνει αέρια παγιδευμένα στο πυρήνα της γης όπως διοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο, μεθάνιο και αμμωνία. Αυτές οι εκπομπές βέβαια είναι χαμηλότερες από εκείνες που συνδέονται με τη χρήση ορυκτών καυσίμων και θεωρείται ότι έχει τη δυνατότητα να μετριάσει την υπερθέρμανση του

πλανήτη και να έχει ευνοϊκές επιπτώσεις στο περιβάλλον ενώ οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της παραγωγής γεωθερμικής ενέργειας μπορεί να είναι επίσης ευνοϊκές σε σύγκριση με άλλες πηγές παραγωγής ενέργειας, ωστόσο δεν είναι ασήμαντη και μπορεί να προκαλέσει σημαντικές περιβαλλοντικές και ανθρώπινες επιβλαβείς επιδράσεις. Το 1975 ο Robert Axtmann ασχολήθηκε με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του γεωθερμικού εργοστασίου Wairakei στη Νέα Ζηλανδία και Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το εργοστάσιο Wairakei απορρίπτει περίπου 6,5 φορές περισσότερο θερμότητα, 5,5 φορές περισσότερους υδρατμούς και 0,5 φορές περισσότερο θείο ανά μονάδα με ισχύη που παράγεται όπως θα ήταν ένα εργοστάσιο άνθρακα στη Νέα Ζηλανδία. Τα δεδομένα έδειξαν επίσης μόλυνση του ποταμού Waikato με υδρόθειο, διοξείδιο του άνθρακα, αρσενικό και υδράργυρο σε συγκεντρώσεις που είχαν δυσμενείς αλλά όχι καταστροφικές επιπτώσεις. Να σημειωθεί ότι αυτό το εργοστάσιο είχε σχεδιαστεί στη δεκαετία του 1960 όταν αναγνωριζόταν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της γεωθερμικής ενέργειας και οι κίνδυνοι της κλιματικής αλλαγής ήταν λιγότερο κατανοητοί.

Οι περιβαλλοντικές αυτές επιπτώσεις της γεωθερμικής ενέργειας και η παραγωγή αυτής της ενέργειας μπορεί να αναλυθεί από διαφορετικές οπτικές γωνίες, οι οποίες περιλαμβάνουν κοινωνικές επιπτώσεις κ.α. Τα οποία αναφέρονται συνοπτικά στην συνέχεια: (Berrizbeitia 2014)

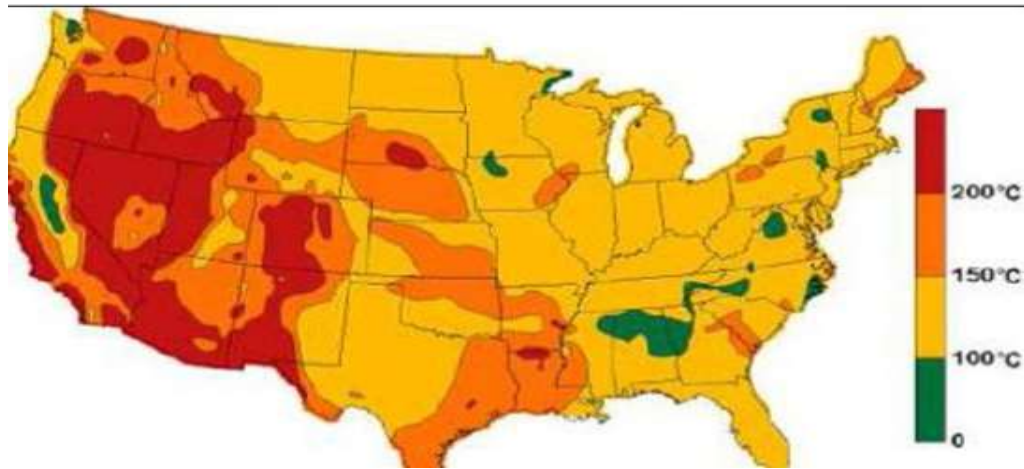
- Ρύπανση του επιφανειακού ύδατος
- Μόλυνση της ατμόσφαιρας με ανεπιθύμητα αέρια
- Σχηματισμός επικαθίσεων
- Θόρυβος από τη λειτουργία των γεωθερμικών εγκαταστάσεων
- Διάβρωση μεταλλικών σωληνώσεων μεταφοράς
- Διαταράσσετε η χλωρίδα και η πανίδα από τις γεωτρήσεις.
- Θερμική ρύπανση από την απόρριψη των γεωθερμικών ρευστών

Για τον περιορισμό αυτών των προβλημάτων παρέχει αξιόπιστες λύσεις η ανάπτυξη της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας .

3.9 Παγκόσμια χρήση γεωθερμίας

Η χρήση της γεωθερμίας χρησιμοποιείται για διάφορες εφαρμογές και τα τελευταία χρόνια η χρήση της έχει αυξηθεί σημαντικά. Η γεωθερμία χρησιμοποιείται σε διάφορες χρήσεις όπως σε χρήσεις αγροτικών εφαρμογών. Οι περισσότερες εγκαταστάσεις της γεωθερμίας βρίσκονται στην Κίνα, στις ΗΠΑ (Χάρτης 2.) και στην Ευρώπη, παρ'όλα αυτά υπάρχει συνεχής αύξηση σε χώρες που κάνουν χρήση το συγκεκριμένο σύστημα και λόγω το μεγάλο αυτό ενδιαφέρον της γεωθερμίας κάθε πέντε χρόνια

πραγματοποιείται το παγκόσμιο συνέδριο (World Geothermal Congress) με στόχο να γίνει μια αποτίμηση την κατάσταση όσον αφορά την χρήση της γεωθερμίας παγκόσμια.



Χάρτης 2. Γεωθερμικά πεδία στις ΗΠΑ σε βάθος 6 χιλιομέτρων (Πηγή: φιοφίρης, 2013)

Η Ευρώπη είναι ο παγκόσμιος ηγέτης στη γεωθερμική χρήση. Η γεωθερμία χρησιμοποιείται από τις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες κυρίως για θέρμανση χώρων, κολύμβηση και λουτροθεραπεία, παρά για θέρμανση θερμοκηπίων, υδατοκαλλιέργεια και βιομηχανική χρήση. Σε ορισμένες χώρες, η ανάπτυξη βασίζεται σε ύδατα που εκμεταλλεύονται από βαθιά πηγάδια. Ορισμένες πάλι χώρες κάνουν χρήση γεωθερμίας με αντλίες θερμότητας.

Η Ευρώπη χαρακτηρίζεται από χαμηλές έως μέτριες τιμές ροής θερμότητας. Αυτή η παράμετρος κυμαίνεται από 30-40 mW / m² στο παλαιότερο τμήμα της ηπείρου σε 60-80 mW / m² στο πλαίσιο του συστήματος των Άλπεων. Σχετικά υψηλές τιμές 80-100 mW / m² συμβαίνουν στις νότιες περιοχές της Ευρώπης. Οι θερμικές και γεωλογικές συνθήκες οδηγούν στο γεγονός ότι η Ευρώπη διαθέτει κυρίως χαμηλή ενθαλπία γεωθερμίας. Ωστόσο, σε πολλές χώρες βρέθηκε υψηλή ενθαλπία όπως στην Ισλανδία, Ιταλία, Τουρκία, Ελλάδα, Πορτογαλία (Αζόρες), Ρωσία, Ισπανία και στα υπερπόντια εδάφη της Γαλλίας (Γουαδελούπη). Τα κύρια γεωθερμικά πεδία υπό εκμετάλλευση βρίσκονται στην περιοχή Larderello (Ιταλία) τη λεκάνη του Παρισιού (Γαλλία) Λεκάνη της Πανόνιας (Ουγγαρία, Σερβία, Ρουμανία), Ευρώπη, Βουλγαρία, Ρουμανία, Τουρκία, Βέλγιο (Beata Kępińska, 2008).

3.10 Νομοθεσία

Η ισχύουσα νομοθεσία που αφορά την ενεργειακή χρήση της γεωθερμικής ενέργειας αποτελείται από τους κάτωθι νόμους, προεδρικά διατάγματα και υπουργικές αποφάσεις: Ν. 3175/03 ΦΕΚ 207 Α' 29-8-2003 «Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση, κ.α. διατάξεις» Ν. 3851/2010 (ΦΕΚ Α'85/04.06.2010). Ν. 4001/2011 (ΦΕΚ Α'179/22.08.2011). Υ. Α. Υπ. Αν. με αρ. Δ9Β/Φ166/οικ1508/ΓΔΦΠ374/10/27-1-2004, ΦΕΚ 208Β', «Χαρακτηρισμός των Γεωθερμικών Πεδίων». Υ. Α. Υπ. Αν. με αρ. Δ9Β,Δ/Φ166/ΟΙΚ18508/5552/207/19-10-2004, ΦΕΚ 1595Β', «Άδειες εγκατάστασης για ίδια χρήση ενεργειακών συστημάτων θέρμανσης ή ψύξης χώρων μέσω της εκμετάλλευσης της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών και των νερών, επιφανειακών και υπόγειων, που δεν χαρακτηρίζονται γεωθερμικό δυναμικό». Υ. Α. Υπ. Αν. με αρ. Δ9Β/Φ166/οικ8411/ΓΔΦΠ2373/117/6-5-2005, ΦΕΚ 635Β', «Όροι και διαδικασία εκμίσθωσης του δικαιώματος του Δημοσίου για έρευνα και διαχείριση του γεωθερμικού δυναμικού και της εν γένει διαχείρισης των γεωθερμικών πεδίων της χώρας». Υ. Α. Υπ. Αν. με αρ. Δ9Β/Φ166/12647/ΓΔΦΠ3557/193/8-7-2005, ΦΕΚ 1012Β', «Χαρακτηρισμός και υπαγωγή σε κατηγορίες των γεωθερμικών πεδίων της χώρας». Υ. Α. Υπ. Αν. με αρ. Δ9Β/Φ166/οικ20076/ΓΔΦΠ5258/329/24-10-2005, ΦΕΚ 1530Β', «Κανονισμός Γεωθερμικών Εργασιών». Π.Δ. με αρ. 78, ΦΕΚ 80Α'/13-4-2006, «Διάρθρωση, στελέχωση και αρμοδιότητες της Διεύθυνσης Ανάπτυξης των Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων». Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού σχεδιασμού και αιεφόρου ανάπτυξης για τις ΑΠΕ

Σε ότι αφορά την ηλεκτροπαραγωγή ισχύουν τα παρακάτω :

Ν. 3468/2006, ΦΕΚ 129 Α' «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις» Υ.Α. Υπ. Αν. Δ6/Φ1/οικ.18359/14-9-2006,ΦΕΚ 1442Β' «Τύπος και περιεχόμενο συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας στο Σύστημα και το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 12 παρ. 3 του Ν.3468/2006». Υ.Α. Υπ.Αν. Δ6/Φ1/οικ.1725/25-1-2007, ΦΕΚ 148Β' «Καθορισμός τύπου και περιεχομένου συμβάσεων πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με χρήση Α.Π.Ε. και μέσω Συμπαράγωγής ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης στο Δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νήσων σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 12 παρ. 3 του Ν. 3468/2006». Υ.Α. Υπ. Αν. Δ6/Φ1/οικ.5707/13-3-2007 ΦΕΚ 448 Β' «Κανονισμός Αδειών Παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση Α.Π.Ε. και μέσω Συμπαράγωγής ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης». Υ.Α. Υπ.Αν. Δ6/Φ1/οικ.13310/18-6-2007 ΦΕΚ 1153 Β' «Διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση Α.Π.Ε.». Ν. 3734/2009.

Η διαδικασία εκμίσθωσης του γεωθερμικού δυναμικού απαρτίζεται από τους κάτωθι νόμους και υπουργικές αποφάσεις:

Νόμος 3175/2003 (ΦΕΚ.207Α/29-8-2003) «Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανσης και άλλες διατάξεις» Νόμος 1475/1984 (ΦΕΚ.131Α/11-9-1984) «Αξιοποίηση Γεωθερμικού Δυναμικού όπως τροποποιήθηκε με το Ν.2244/94 (άρθρο 8))ΦΕΚ.168Α/710-94) Μεταλλευτικός Κώδικας Υ.Α 2223 ΦΕΚ 122714/06/11 Η Υ.Α Δ9Β/Φ166/οικ1508/ΓΔΦΠ374/10/27.1.2004 (ΦΕΚ.208Β) «Χαρακτηρισμός γεωθερμικών πεδίων» Η Υ.Α.Δ9Β/Φ166/12647/ΓΔΦΠ3557/193/19-7-2005 (ΦΕΚ. 1012Β) «Χαρακτηρισμός και υπαγωγή σε κατηγορίες των γεωθερμικών πεδίων της χώρας» Η Υ.Α. Δ9Β/Φ166/ΟΙΚ8411/ΓΔΦΠ2373/117/12-5-2005 (ΦΕΚ.635Β) «Όροι και διαδικασία εκμίσθωσης του δικαιώματος του Δημοσίου για έρευνα και διαχείριση του γεωθερμικού δυναμικού και της εν γένει διαχείρισης των γεωθερμικών πεδίων της Χώρας» Η Υ.Α. Δ9Β/Φ166/ΟΙΚ20076/ΓΔΦΠ5258/359/7-11-2005 (ΦΕΚ.1530Β) «Κανονισμός Γεωθερμικών Εργασιών»

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ

4.1 Ορισμός θερμοκηπίου

Τα θερμοκήπια είναι κατασκευές που καλύπτονται με ένα διαφανές υλικό στο οποίο οι καλλιέργειες που καλλιεργούνται είναι ελεγχόμενες σε συνθήκες περιβάλλοντος. Η καλλιέργεια του θερμοκηπίου καθώς και άλλοι τρόποι καλλιέργειας ελεγχόμενου περιβάλλοντος έχουν εξελιχθεί ώστε να δημιουργούν ευνοϊκά μικροκλίματα, γεγονός που ευνοεί την καλλιέργεια κατά τη διάρκεια του έτους ή κάποιους μήνες του έτους, όπως απαιτείται. Τα θερμοκήπια και οι άλλες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ελεγχόμενου περιβάλλοντος φυτικής παραγωγής συνδέονται με την εκτός εποχής παραγωγή φυτών, υψηλής αξίας σε περιοχές ψυχρού κλίματος όπου η υπαίθρια παραγωγή δεν είναι δυνατή. Η κύρια περιβαλλοντική παράμετρος που ελέγχεται είναι η θερμοκρασία, που συνήθως παρέχει θερμότητα για να ξεπεραστούν οι ακραίες συνθήκες ψύχους. Εντούτοις, ο περιβαλλοντικός έλεγχος μπορεί επίσης να περιλαμβάνει την ψύξη για την άμβλυνση των υπερβολικών θερμοκρασιών, τον έλεγχο του φωτός είτε σκίαση ή προσθήκη συμπληρωματικού φωτός, επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα, σχετική υγρασία, νερό, θρεπτικές ουσίες φυτών και έλεγχος παρασίτων.

Ένα θερμοκήπιο επίσης μπορεί να προστατέψει την καλλιεργούμενη καλλιέργεια από τα εξής:

- Τον ήλιο (αρκετά παράξενο)
- Τη βροχή
- Την χαλαζοθύελλα

- Τον άνεμο
- Τα ζώα

4.2 Ιστορική αναδρομή – Σημερινή κατάσταση

Την εμφάνισή τους τα θερμοκήπια την έκαναν στο τέλος του 15ου αιώνα και του 18ου αιώνα στην Αγγλία, στην Γαλλία και στις κάτω χώρες. Εκείνη την περίοδο χρησιμοποιούσαν κλειστά δωμάτια για να προστατεύσουν τα φυτά καθώς και υπόστεγα τα οποία προς τον βορρά είχαν ένα χτιστό τείχος και προς το νότο υπήρχαν ανοίγματα για τον αερισμό των θερμοκηπίων όπου αυτά τα ανοίγματα έκλειναν με ξύλινα παραπετάσματα. Τα ανοίγματα αυτά αργότερα αντικαταστάθηκαν από τοίχους με γυάλινα παράθυρα.

Η καινοτομία που έκανε την εμφάνισή της τον 18ο αιώνα ήταν η διαφανής αμφικλινή στέγη με τον βόρειο τοίχο να παραμένει χτιστός. Αυτές οι κατασκευές συνέχισαν να κάνουν τη βελτίωσή τους με την αύξηση της επιφάνειας γυαλιού και την πρόσθεση νέων υλικών όπως τον σίδηρο σε διάφορους μηχανισμούς αυτών για το άνοιγμα των παραθύρων αλλά και για τα συστήματα θέρμανσης. Τον 19ο αιώνα έγινε συστηματοποίηση για εμπορική χρήση του θερμοκηπίου αλλά και το ενδιαφέρον για την κατασκευή πολλαπλών θερμοκηπίων. Για περισσότερο φωτισμό έγινε αντικατάσταση του βόρειου τοίχου από γυαλί. Η εξέλιξη των θερμοκηπίων προχωράει και ο εξαερισμός εκτός με το άνοιγμα των παραθύρων γινόταν και με μηχανικό εξαεριστή.

Τον 20ο αιώνα η καλλιέργεια των θερμοκηπίων γίνεται σχεδόν επαγγελματική υπόθεση με ραγδαία αύξηση μετά το 1945. Αυτό το γεγονός είχε μεγαλύτερες απαιτήσεις για μεγαλύτερο έλεγχο στο περιβάλλον αλλά και στις κατασκευές με σκοπό να αυξηθεί η παραγωγή και να μειωθεί το κόστος. Τα θερμοκήπια στη συνέχεια κατασκευαζόταν με πιο λεπτά στοιχεία σκελετού και οι επιφάνειες από γυαλί ήταν ακόμα μεγαλύτερες για καλύτερο φωτισμό. Στη δεκαετία του 50 που εμφανίστηκαν τα πλαστικά (PVC) για την επικάλυψη των θερμοκηπίων τα θερμοκήπια ήταν φθηνότερα φέρνοντας την επανάσταση στην εξάπλωση των θερμοκηπιακών καλλιεργειών. Τελικά πλέον η κατασκευή σκελετού γινόταν από ξύλο, γαλβανισμένο σίδηρο, αλουμίνιο και πλαστικό. Τα αμφικλινή πολλαπλά θερμοκήπια στις αρχές του αιώνα ήταν πιο διαδεδομένα όμως με την εξέλιξη της τεχνολογίας εμφανίστηκαν νέοι τύποι έτσι που στη σημερινή εποχή ο αριθμός να είναι πολύ μεγάλος. Στη δεκαετία του 70 είχε εφαρμοστεί ρύθμιση περιβάλλοντος και το 77 είχαν τη δυνατότητα να ρυθμίζουν αυτόματα την υγρασία, τον αέρα, τη διαχείριση του νερού, την τεχνητή νέφωση, τη θερμοκρασία, τον έλεγχο ηλιακής ακτινοβολίας, το φωτισμό, τα επίπεδα του CO₂ και πολλοί άλλοι παράγοντες.

Σε παγκόσμιο επίπεδο σήμερα λειτουργούν 1.700.000 στρέμματα με θερμοκήπια και από αυτά το 75% καλύπτεται με πλαστικά υλικά ενώ το 25% από υαλοπίνακες. Η χώρα με τη μεγαλύτερη έκταση θερμοκηπίων στον κόσμο είναι η Ιαπωνία που προηγείται με 700.000 στρέμματα, ακολουθεί η Ιταλία με 260.000 στρέμματα, οι ΗΠΑ με 250.000 Ισπανία με 130.000 στρέμματα, η Ολλανδία με 70.000 στρέμματα και οι χώρες της Σοβιετικής Ένωσης με 50.000 στρέμματα, ακολουθούν επίσης το Βέλγιο με 45.000 στρέμματα, η Γαλλία με 40.000 στρέμματα, η Ουγγαρία με 30.000 στρέμματα, η Γερμανία με 22.000 στρέμματα, η Τουρκία με 20.000 στρέμματα, η Ρουμανία, Πολωνία, Βουλγαρία, η Μεγάλη Βρετανία με 15.000 στρέμματα και το Ισραήλ με περίπου 4.000 στρέμματα. Σε σχέση με τα υλικά κατασκευής σε χώρες όπως η Ολλανδία, το Βέλγιο, η Γερμανία, η Αγγλία, και η Ουγγαρία προτιμώνται κυρίως τα γυάλινα θερμοκήπια σε ποσοστό 85% σε αντίθεση με τις άλλες χώρες όπου το ποσοστό των γυάλινων θερμοκηπίων κυμαίνεται μεταξύ 10% και 20%. (Τσεκούρας, Χριστόπουλος 2017)

Στην Ελλάδα οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες άρχισαν να επεκτείνονται μετά το 1955 στις περιοχές της Αθήνας και της Λακωνίας. Τα πρώτα θερμοκήπια ήταν από γυαλί και προοριζόταν για ανθοκομικές καλλιέργειες. Τα θερμοκήπια που είχαν ως υλικό επικάλυψης το πλαστικό άρχισαν να κάνουν την εμφάνισή τους μετά το 1960 και αφού είχαν περάσει από το δοκιμαστικό στάδιο που κράτησε τέσσερα έως πέντε χρόνια παρουσίασαν μία θεαματική επέκταση. Η εξέλιξη των θερμοκηπίων στη χώρα μας φαίνεται στον (Πίνακα 3). Η πιο Μεγάλη ανάπτυξη των θερμοκηπίων στη χώρα μας έγινε σε ορισμένες περιοχές της Κρήτης, της νοτιοδυτικής Πελοποννήσου, της Πρέβεζας και της Κ. Μακεδονίας.

Η Ελλάδα στην Ευρωπαϊκή Ένωση κατέχει την 7η θέση σε θερμοκηπιακή εδαφική κάλυψη όπου το 45% να βρίσκεται στην Κρήτη και έχει πολλά περιθώρια για μεγαλύτερη στρεμματική ανάπτυξη αν θεωρηθεί πως η Ισπανία έχει επτά φορές μεγαλύτερη στρεμματική κάλυψη και η Ιταλία πέντε. Ένα μεγάλο ποσοστό των θερμοκηπίων στη χώρα μας αποτελείται από πλαστικό κάλυμμα το οποίο έχει ως αποτέλεσμα να μην μπορούν να ελεγχθούν οι συνθήκες για ποιοτική και ποσοτική παραγωγή σε αντίθεση με τις ανταγωνίστριες χώρες.

Πίνακας 3. Η εξέλιξη των θερμοκηπίων στη χώρα μας (Τσεκούρας, Χριστόπουλος, 2017)

Καλλιεργητική περίοδος	Θερμοκήπια (στρέμματα)	Καλλιεργητική περίοδος	Θερμοκήπια (στρέμματα)
1955-56	2	1974-75	17.942
1956-57	40	1975-76	19.068
1957-58	75	1976-77	20.621
1958-59	100	1977-78	23.276
1959-60	120	1978-79	26.171
1960-61	150	1979-80	27.600
1961-66	Λείπουν στοιχεία	1980-81	29.400
1966-67	2.690	1981-82	30.200
1967-68	4.551	1982-83	31.457
1968-69	8.258	1983-84	31.606
1969-70	12.414	1984-85	34.797
1970-71	12.346	1985-86	35.689
1971-72	15.328	1986-87	37.404
1972-73	17.950	1987-88	39.504
1973-74	18.005	1994-95	48.589

Με την εφαρμογή μιας θερμοκηπιακής καλλιέργειας μπορούν να παραχθούν προϊόντα και εκτός εποχής. Για παράδειγμα τα πρώιμα και εκτός εποχής κηπευτικά παράγονται σε κάποιες περιοχές της Κρήτης όπως στα Χανιά στην Ιεράπετρα και στο Τυμπάκι.

Μία δεύτερη περιοχή που παράγονται τα κηπευτικά σχεδόν όλο το χειμώνα και λίγο πιο πρώιμα από την Κρήτη είναι η νοτιοδυτική Πελοπόννησο. Λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών οι παραγωγοί χρησιμοποιούν θερμάστρες πετρελαίου και αερίου με ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Η τρίτη περιοχή είναι η Πρέβεζα όπου εκεί η καλλιέργεια αυτής της περιοχής είναι η τομάτα και λιγότερο τα άλλα είδη κηπευτικών από το Φεβρουάριο ως τον Ιούλιο. Η τέταρτη περιοχή είναι κεντρική Μακεδονία όπου τα θερμοκήπια εκτείνονται σε ακτίνα 80 km. γύρω από τη Θεσσαλονίκη στα χωριά Ορμύλια Χαλκιδικής, Βασιλικά, Αγγελολόρι, Ν. Μαγνησία και Λαγκαδά Θεσσαλονίκης, στο σταυροδρόμι Πέλλας και Άγιο Γεώργιο Ημαθίας.

Εκτός από αυτές τις τέσσερις περιοχές τα θερμοκήπια αναπτύχθηκαν και σε άλλες περιοχές καλύπτοντας τοπικές ανάγκες.

Στην Ελλάδα οι έρευνες σε θέματα που αφορούν τις καλλιέργειες κηπευτικών «εκτός εποχής» Γίνονται στα ινστιτούτα κηπευτικών Ηρακλείου και Αμαλιάδας στους σταθμούς Γεωργικής έρευνας, Ιεράπετρας, Τυμπακίου και Καλαμάτας καθώς και στα τμήματα λαχανοκομίας των κέντρων Γεωργικής έρευνας Αθηνών, Λάρισας και Θεσσαλονίκης. Οι έρευνες που έχουν σχέση με τις κατασκευές και με τον κλιματισμό από τα θερμοκήπια γίνονται στο τμήμα λαχανοκομίας στο κέντρο Γεωργικής έρευνας βόρειας Ελλάδας στη Θεσσαλονίκη και σκοπό έχουν να δημιουργηθούν βελτιωμένοι τύποι κατασκευών θερμοκηπίων και χαμηλών σκέπαστρων στη μελέτη των ιδιοτήτων, των πλαστικών, στη ρύθμιση των κλιματικών συνθηκών στα θερμοκήπια (θέρμανση, αερισμός, σκίαση κ.α.) και στη μελέτη της συμπεριφοράς των καλλιεργειών στα μέσα κλιματισμού πέρα από τα κρατικά ιδρύματα, με τις κατασκευές των σκελετών, των θερμοκηπίων με τα πλαστικά και με τα συστήματα άρδευσης των καλλιεργειών ασχολούνται πολλές βιομηχανίες. Ένα πρόβλημα που έχει λυθεί είναι η χρήση του διοξειδίου του άνθρακα, ο συνδυασμός άρδευσης- θρέψης, οι απολυμάνσεις εδαφών, και η παραγωγή κατάλληλων ποικιλιών για θερμοκήπια.

Στην Ελλάδα επιβάλλεται η χρήση των θερμοκηπίων για διάφορους λόγους οι οποίοι αναφέρονται παρακάτω:

- Οι καλλιέργειες από κηπευτικά και ανθοκομικά είδη διατηρούν από τις πιο υψηλές στρεμματικές αποδόσεις και επομένως πιο υψηλό γεωργικό εισόδημα.
- Η παραγωγή και η ποιότητα των εκτός εποχής κηπευτικών και ανθοκομικών ειδών ευνοείται από τις κλιματολογικές συνθήκες της Ελλάδας.
- Υπάρχουν ευνοϊκές προοπτικές για εξαγωγές στον εκτός εποχής κηπευτικών, σε χώρες όπου οι κλιματολογικές συνθήκες είναι πιο δυσμενείς, είτε η εγχώρια παραγωγή δεν είναι επαρκής για την κάλυψη με αυξημένων αναγκών της κατανάλωσης.

Υπάρχουν όμως και κάποιοι αρνητικοί παράγοντες που τους συναντάμε συχνά στην επέκταση των προστατευόμενων θερμοκηπίων με καλλιέργειες όπως:

- Στα απλά θερμοκήπια δεν υπάρχει σωστός αερισμός και δεν διαθέτουν μέσα θέρμανσης με αποτέλεσμα τη χαμηλή απόδοση και μέτριες ποιότητες προϊόντων.
- Τα πιο πολλά θερμοκήπια λόγω της κατασκευής τους παρουσιάζουν πολλές ατέλειες όπως μικρή αντοχή στο χρόνο, χαμηλό ύψος, κ.α. με αποτέλεσμα την επιβάρυνση του κόστους των προϊόντων.
- Περιορισμένη παραγωγή η οποία εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες της κάθε χρονιάς κάτι που δυσχεραίνει τον προγραμματισμό εξαγωγών.
- Οι ειδικευμένοι σε θέματα θερμοκηπίων είναι λίγοι και δεν καλύπτουν ούτε τις στοιχειώδεις ανάγκες των υπηρεσιών.

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την επέκταση θερμοκηπίων στη χώρα μας είναι η αύξηση του κόστους των υλικών κατασκευής θερμοκηπίων, η έλλειψη εργατικών χεριών, ο καθορισμός από την πολιτεία ανώτατων τιμών πώλησης των κηπευτικών και η κακή οργάνωση της εμπορίας.

Όσον αφορά τη θέρμανση των θερμοκηπίων με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) ως ένας εναλλακτικός τρόπος για την εξοικονόμηση συμβατικών ενεργειακών πηγών, έγινε η χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας, της γεωθερμίας και της βιομάζας με καλά αποτελέσματα. Η αιολική ενέργεια λόγω μεγάλου κόστους εγκατάστασης και συντήρησης έχει χρησιμοποιηθεί λιγότερο.

4.3 Θέρμανση θερμοκηπίου

Η θέρμανση των θερμοκηπίων έχει έναν πολύ σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και παραγωγή των καλλιεργούμενων φυτών. Πηγές θερμότητας που μπορούν να αξιοποιηθούν στα θερμοκήπια είναι:

- Η ηλιακή ενέργεια
- Τα στερεά καύσιμα (πυρηνόξυλο ελιάς, παραφίνη)
- Τα υγρά καύσιμα
- Τα καύσιμα τα οποία είναι σε αέρια μορφή
- Το ηλεκτρικό ρεύμα
- Η γεωθερμία
- Η βιομάζα
- Η υπέρυθη ακτινοβολία

Η θέρμανση ενός θερμοκηπίου μπορεί να εξασφαλιστεί είτε παθητικά είτε ενεργητικά με τη χρήση συγκεκριμένου μηχανολογικού εξοπλισμού. Η παθητική θέρμανση είναι η πιο φθηνή μέθοδος θέρμανσης του χώρου του θερμοκηπίου χωρίς όμως να ικανοποιεί συγκεκριμένες απαιτήσεις σε θερμοκρασία. Ένα τέτοιο σύστημα θέρμανσης αποτελείται από πλαστικούς σωλήνες με λεπτά διαφανή τοιχώματα που γεμίζονται με νερό και τοποθετούνται κοντά στις γραμμές φύτευσης. Στο νερό «αποθηκεύεται» η ακτινοβολία που εκπέμπεται από τον ήλιο κατά την διάρκεια της ημέρας και η οποία απελευθερώνεται στο χώρο κατά την διάρκεια της νύχτας.

Τα ενεργητικά συστήματα θέρμανσης επιτυγχάνονται με τον κατάλληλο μηχανολογικό εξοπλισμό που αποτελείται από μια μονάδα παραγωγής θερμότητας (καυστήρας) και ένα σύστημα διανομής της θερμότητας αυτής στο χώρο του θερμοκηπίου. Είναι λιγότερο ελκυστικά σε σχέση με τα παθητικά και η χρήση τους στα

θερμοκήπια είναι περιορισμένη (και απαγορευτική για της μικρής κλίμακας εφαρμογές). Στην κατηγορία των ενεργητικών συστημάτων θέρμανσης ανήκουν οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες, ο ολοκληρωμένος ηλιακός συλλέκτης ICS, ο σύνθετος παραβολικός συγκεντρωτικός συλλέκτης CPC, και ο κυλινδροπαραβολικός συλλέκτης. (Μπράκουλιας, Ρηγόπουλος, 2016).

4.4 Θέρμανση θερμοκηπίου με γεωθερμικό σύστημα

Η γεωθερμική ενέργεια έχει χρησιμοποιηθεί για χιλιάδες χρόνια σε ορισμένες χώρες για το μαγείρεμα και τη θέρμανση. Γεωθερμία όπως είδη έχει αναφερθεί είναι η θερμότητα που προέρχεται από το εσωτερικό της γης. Αρχικά η θερμότητα που βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια της γης μπορεί να χρησιμοποιηθεί με γεωθερμικά συστήματα και γεωθερμικές αντλίες θερμότητας με ένα σύστημα παροχής αέρα που χρησιμοποιεί αγωγούς, μαζί με έναν εναλλάκτη θερμότητας που είναι θαμμένος στο έδαφος ώστε να μεταφέρει θερμότητα σε ένα σπίτι, ένα κτίριο ή ένα θερμοκήπιο. Η αντλία θερμότητας μπορεί επίσης να λειτουργήσει το καλοκαίρι, μειώνοντας τη θερμότητα από το εσωτερικό του κτιρίου με τον εναλλάκτη θερμότητας. Αυτός ο ζεστός αέρας μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την παροχή ζεστού νερού.

Όσον αφορά την θέρμανση των θερμοκηπίων το γεωθερμικό ρευστό του εδάφους θα πρέπει να υπερβαίνει τους 30°C. Οι χώροι που διαθέτουν τα θερμοκήπια μπορούν να θερμανθούν με τους εξής τρόπους:

α) Με εναέριους, επιδαπέδιους σωλήνες ή με σωλήνες τοποθετημένους μέσα στο χώμα (σε βάθος 5-20 cm), (Εικόνα 3). Από αυτούς τους σωλήνες διέρχεται, είτε απευθείας το γεωθερμικό ρευστό (εάν το επιτρέπει ο χημισμός του), είτε το νερό λειτουργίας, το οποίο θερμαίνεται από γεωθερμικά ρευστά.



Εικόνα 3. Θέρμανση με επιδαπέδια συστήματα με εναέριους, επιδαπέδιους σωλήνες και με σωλήνες τοποθετημένους μέσα στο χώμα. (Πηγή: <https://eclass.duth.gr>).

β) Με εναλλάκτη αέρα (Εικόνα 4), γεωθερμικού νερού ή νερού λειτουργίας (αερόθερμο). Ο θερμός αέρας διοχετεύεται σε όλο το θερμοκήπιο, συνήθως με διάτρητο πλαστικό αγωγό. Βασικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι η ανομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας μέσα στο θερμοκήπιο, με τη θερμοκρασία να είναι υψηλότερη στο ανώτερο μέρος του, δηλαδή μακριά από τα φυτά.



Εικόνα 4. Εναλλάκτης θερμότητας.

γ) Με τοποθέτηση θερμαντικών σωμάτων στα πλευρικά τοιχώματα του θερμοκηπίου.

δ) Με ψεκασμό της οροφής του θερμοκηπίου με γεωθερμικό υγρό ή διέλευση υγρού στα διπλά τοιχώματα της οροφής (κυρίως για αντιπαγετική προστασία) και

ε) με συνδυασμό των παραπάνω τρόπων.

4.4.1 Θέρμανση θερμοκηπίου με “αβαθή γεωθερμία”

Ένας εύκολος τρόπος θέρμανσης των θερμοκηπίων είναι η χρήση και εκμετάλλευση της αβαθούς γεωθερμίας. Η μεταφορά του γεωθερμικού ρευστού μπορεί να γίνει με μονωμένες σωλήνες , και η μεταφορά του μπορεί να γίνει είτε άμεσα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου με σωλήνες πλαστικές είτε έμμεσα με την βοήθεια ενός εναλλάκτη θερμότητας.

Τα συστήματα τα οποία χρησιμοποιούνται για την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας ονομάζονται γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (ΓΑΘ). Οι αντλίες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις ανάγκες θέρμανσης οικιών, θερμοκηπίων και για την θέρμανση και ψύξη του νερού.

4.4.1.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της αβαθούς γεωθερμίας

A) ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα της γεωθερμικής ενέργειας όπως ότι μπορεί να εξαχθεί χωρίς καύση ορυκτών καυσίμων όπως άνθρακα και αέριο . Τα γεωθερμικά πεδία παράγουν μόνο περίπου το ένα έκτο του διοξειδίου του άνθρακα που παράγει ένα σχετικά καθαρό εργοστάσιο παραγωγής φυσικού αερίου. Οι εγκαταστάσεις του δεν απελευθερώνουν ουσιαστικά καμία εκπομπή. Σε αντίθεση με την ηλιακή ενέργεια, η γεωθερμική ενέργεια είναι πάντα διαθέσιμη, 365 ημέρες το χρόνο. Είναι επίσης σχετικά οικονομικός τρόπος. Οι εξοικονομήσεις από την άμεση χρήση μπορούν να φθάσουν το 80% έναντι των ορυκτών καυσίμων. Παρακάτω αναφέρονται περισσότερα πλεονεκτήματα απο την χρήση της αβαθούς γεωθερμίας:

- Απόδοση υψηλή (χαμηλή χρήση ενέργειας)
- Χαμηλό κόστος συντήρησης
- Μη ύπαρξη εξωτερικών μηχανημάτων

B) ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Η χρήση της αβαθούς γεωθερμίας εκτός από τα τόσα σημαντικά πλεονεκτήματα που διαθέτει παρουσιάζει ορισμένα περιβαλλοντικά προβλήματα. Η κύρια ανησυχία είναι η απελευθέρωση υδρόθειου, σε χαμηλές συγκεντρώσεις όπως επίσης και η διάθεση ορισμένων γεωθερμικών υγρών, τα οποία ενδέχεται να περιέχουν χαμηλά επίπεδα τοξικών υλικών. Εκτός όμως από τα μειονεκτήματα που έχουν αναφερθεί η χρήση της αβαθούς γεωθερμίας παρουσιάζει τα εξής:

- Το αρχικό κόστος είναι μεγάλο
- Δεν τοποθετούνται όλα τα είδη συστήματος παντού
- Περιορισμός στους μελετητές για επιλογή

4.4.1.2 Συστήματα αξιοποίησης της αβαθούς γεωθερμίας

Η εκμετάλλευση της αβαθούς γεωθερμικής ενέργειας γίνεται με την χρήση αντλιών θερμότητας (heat pumps). Συνήθως χρησιμοποιούνται αντλίες θερμότητας νερού (water-to-water), οι οποίες παράγουν θερμό ή ψυχρό νερό και μπορούν να συνδυαστούν είτε με τερματικές μονάδες ανεμιστήρα (fan-coil units) είτε με κεντρικές κλιματιστικές μονάδες (AHU). Χρησιμοποιούνται επίσης αντλίες θερμότητας νερού/αέρα (water-to-air), που παράγουν θερμό ή ψυχρό αέρα και συνδέονται απευθείας με δίκτυο αεραγωγών.

Τα συστήματα αβαθούς γεωθερμίας διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Στα συστήματα ανοικτού κύκλου και
- Στα συστήματα κλειστού κύκλου

Τα συστήματα του ανοικτού κυκλώματος κάνουν χρησιμοποίηση του νερού των υδρολογικών σχηματίσεων στην περιοχή όπου βρίσκεται η εγκατάσταση ώστε με αυτόν τον τρόπο να γίνει τροφοδότηση του πρωτεύοντος κυκλώματος της αντλίας θερμότητας το οποίο επαναπροωθείται στον υδροφόρο ορίζοντα της συγκεκριμένης περιοχής. Ο υδρολογικός σχηματισμός μπορεί να είναι επιφανειακός ή υπόγειος.

Τα συστήματα κλειστού κύκλου αποτελούνται από ένα κλειστό δίκτυο σωληνώσεων, το οποίο βρίσκεται θαμμένο στο έδαφος σε κάθετη ή οριζόντια διάταξη. Το δίκτυο σωληνώσεων στην περίπτωση αυτή ονομάζεται γεωεναλλάκτης, μέσα στον οποίο κυκλοφορεί νερό ή διάλυμα νερού ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

5.1 Ορισμός υδροπονίας

Υδροπονία είναι κάθε μέθοδος καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους, που βασίζεται στην χορήγηση τεχνητά παρασκευασμένων ανόργανων θρεπτικών διαλυμάτων για την κάλυψη των υδατικών και διατροφικών αναγκών των φυτών με ή χωρίς τη χρήση κάποιου στερεού υποστρώματος ως μέσω ανάπτυξης των φυτών. Αναφέρεται μερικές φορές και ως τεχνητή καλλιέργεια και ανέδαφος (soilless) γεωργία. Ο τελευταίος όρος χρησιμοποιείται ιδιαίτερα, όταν χρησιμοποιούνται οργανικά ή άλλα μη αδρανή υποστρώματα. Ο πιο γνωστός όμως και διαδεδομένος όρος, διεθνώς, είναι η ελληνική λέξη υδροπονία (Hydroponics). Στη διεθνή βιβλιογραφία όλες οι υδροπονικές μέθοδοι καλλιέργειας αναφέρονται με τους όρους soilless culture (καλλιέργειες εκτός εδάφους) και hydroponics (υδροπονία). Όμως ο ερευνητής Cooper (1979), θεωρεί ότι ο όρος υδροπονία αναφέρεται στο χαρακτηρισμό εκείνων των μεθόδων καλλιέργειας των φυτών εκτός εδάφους που δεν χρησιμοποιούν κανένα στερεό υπόστρωμα και οι ρίζες αναπτύσσονται απευθείας μέσα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα, όπως για παράδειγμα το σύστημα NFT. Οι ερευνητές Steiner (1976), οι Jensen και Collins (1985) και ο Harris (1992) χρησιμοποιούν τον όρο υδροπονία (hydroponics) ως απολύτως συνώνυμο με το χαρακτηρισμό καλλιέργεια εκτός εδάφους (soilless culture). Ο Steiner (1976), που ασχολήθηκε εκτενώς με την ορολογία των υδροπονικών καλλιεργειών, αναφέρει ότι ο όρος υδροπονία καθιερώθηκε πριν μισό αιώνα σε όλο τον κόσμο και στις περισσότερες γλώσσες ως όρος που υποδηλώνει το σύνολο των μεθόδων και των συστημάτων καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους.

5.2 Υδροπονία στην Ελλάδα

Με βάση τα στοιχεία του IRTC (International Research and Training Centre for Sustainability), του μη κερδοσκοπικού οργανισμού που συλλέγει στοιχεία και γενικά καταγράφει όλοι την γνώση που υπάρχει πάνω στον τομέα της υδροπονίας στην Νοτιοανατολική Ευρώπη, αλλά και στον χώρο της Μέσης Ανατολής η υδροπονία στην Ελλάδα καλύπτει 1.750 στρέμματα περίπου. Η μέθοδος αυτή δεν εφαρμόζεται μόνο για την παραγωγή κηπευτικών, αλλά έχει επεκταθεί και στην ανθοκομία, έτσι από τα 1.750 συνολικά στρέμματα στα 1.450 έχει αναπτυχθεί η καλλιέργεια των κηπευτικών και στα υπόλοιπα 300 η ανθοκομία. Βάσει λοιπόν, αυτών των στοιχείων παρατηρείτε ότι στην Βόρεια Ελλάδα η υδροπονία έχει αναπτυχθεί σε έκταση 400 στρεμμάτων, στην Κεντρική Ελλάδα στα 150 στρέμματα στην Αττική και στα νησιά στα 300 στρέμματα, στην Πελοπόννησο στα 450 στρέμματα, στην Δυτική Ελλάδα στα 100 στρέμματα και τέλος στην Κρήτη η υδροπονία καλύπτει έκταση 350 στρεμμάτων.

Σύμφωνα με πληροφορίες υπάρχουν 3 μονάδες που έχουν έκταση πάνω από 100 στρέμματα, 15 μονάδες με έκταση 20-50 στρέμματα, ενώ από 2-20 στρέμματα υπάρχουν 115 μονάδες. Εντύπωση ωστόσο προκαλεί το στοιχείο ότι δεν υπάρχουν στην χώρα μας υδροπονικές μονάδες που να έχουν έκταση από 50-100 στρέμματα. Στο 50% των υδροπονικών μονάδων έχει αναπτυχθεί η καλλιέργεια της τομάτας όλων των τύπων όπως είναι η beef, η cluster, και η cherry, στο 25% η καλλιέργεια τομάτας του αγγουριού, ενώ στο 10% καλλιεργούνται πιπεριές, μαρούλι, κολοκύθι και μελιτζάνα. Τέλος στο υπόλοιπο 15% της συνολικής υδροπονικής έκτασης έχει αναπτυχθεί η ανθοκομία με δημοφιλή είδη προς καλλιέργεια να είναι η ζέρμπερα, το γαρύφαλλο, το χρυσάνθεμο, το ανθούριο και η γυψοφίλη.

5.3 Υδροπονικά Συστήματα

Τα συστήματα της υδροπονίας χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται τα φυτά, που χρησιμοποιούν διαλύματα θρεπτικών ουσιών, χωρίς χώμα. Σε αυτά τα υδροπονικά συστήματα δεν εμπλέκεται κανένα μέσον ανάπτυξης, οι ρίζες βυθίζονται σε ένα θρεπτικό διάλυμα. Στην δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνονται τα φυτά που χρησιμοποιούν μια μεγάλη ποικιλία στερεών υποστρωμάτων στις ρίζες τους, όπως ο περλίτης, το χαλίκι, η τύρφη, η άμμος, ο πετροβάμβακας κ.α.

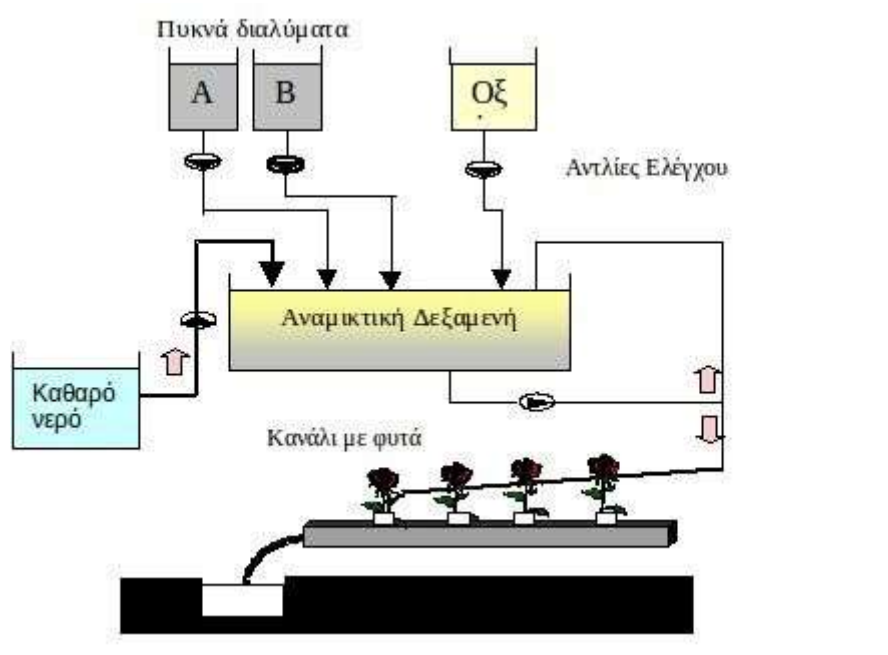
Τα είδη των υδροπονικών συστημάτων χωρίζονται επιπλέον σε δύο κατηγορίες: στο ανοιχτό υδροπονικό σύστημα και στο κλειστό υδροπονικό σύστημα.

5.3.1 Ανοιχτό υδροπονικό σύστημα

Στο ανοιχτό υδροπονικό σύστημα η χρήση του θρεπτικού διαλύματος είναι για την υδρολίπανση των καλλιεργειών. Η παρασκευή του γίνεται πριν την έναρξη της άρδευσης, η χημική του σύσταση είναι σταθερή και θα απορριφτεί μετά το τέλος αυτής. Αυτή η διαδικασία είναι απλή για την διαχείριση του συστήματος, αλλά έχει επιβάρυνση οικονομική στον παράγωγο και στο περιβάλλον καθώς το διάλυμα απορροής που συνήθως είναι το 30 - 50% του θρεπτικού διαλύματος τροφοδοσίας δεν συλλέγεται αλλά απορρίπτεται. (σε παρακείμενους στραγγιστικούς αúλακες ή στο έδαφος). Υπάρχουν ορισμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αυτού του συστήματος τα οποία αναφέρονται παρακάτω.

Το κύριο πλεονέκτημά τους είναι η εύκολη χρήση και η λειτουργία τους, και το χαμηλό κόστος στις εγκαταστάσεις που απαιτούνται γι' αυτό το σύστημα. Ένα από τα πιο σημαντικά μειονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι ότι δεν θεωρείται

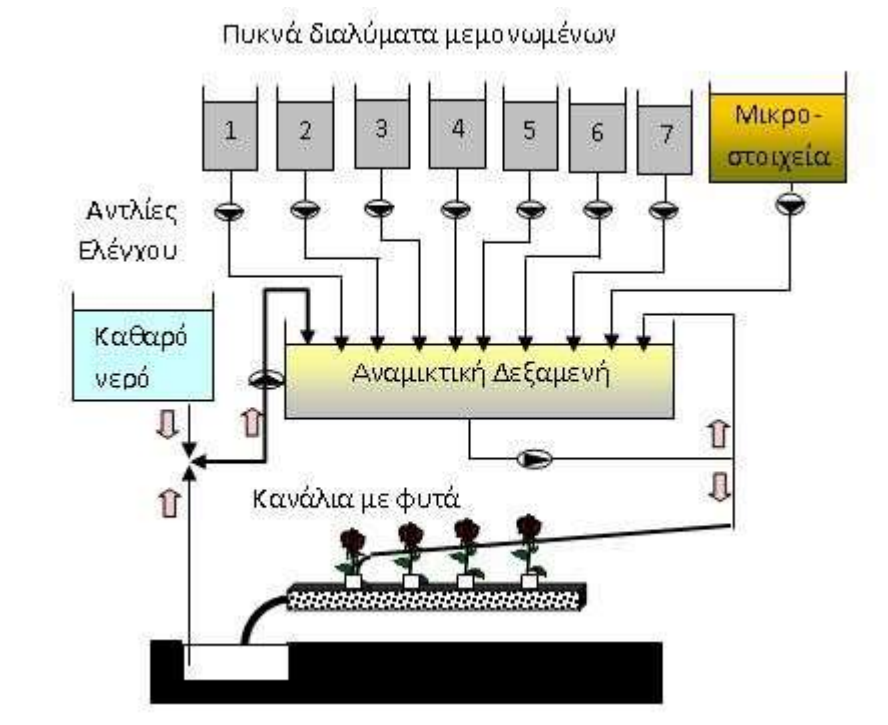
οικονομική λύση εξαιτίας της απώλειας του νερού και τη μη χρησιμοποίηση των θρεπτικών στοιχείων.



Σχεδιάγραμμα 1. σχεδιάγραμμα ανοικτού (χωρίς ανακύκλωση) υδροπονικού συστήματος A/B δεξαμενών με χρήση αναμικτικής δεξαμενής. (Πηγή:<http://www.alagro.gr/en/anoixta-systhmata/>)

5.3.2 Κλειστό υδροπονικό σύστημα

Αποτελεί το πιο φιλικό για το περιβάλλον σύστημα όπου το θρεπτικό διάλυμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξανά (Σχεδιάγραμμα 2.) στην ίδια καλλιέργεια. Έτσι ο διαχειρισμός του συστήματος δυσκολεύει, καθώς η χημική σύσταση από το διάλυμα αλλάζει κάθε φορά. Εφαρμόζεται κυρίως σε καλλιέργειες με καθαρό θρεπτικό διάλυμα αλλά και σε συστήματα που οι ρίζες τους αναπτύσσονται σε υποστρώματα. Με την επαναχρησιμοποίηση του θρεπτικού διαλύματος, εξοικονομείται σημαντική ποσότητα λιπασμάτων, ωστόσο είναι σημαντικό να αναφέρουμε την ύπαρξη κάποιων προβλημάτων, όπως το ότι το θρεπτικό διάλυμα έχει διαφορά στην σύνθεση του όταν διέρχεται από τη ρίζα του φυτού για το λόγο αυτό γίνονται πολύ συχνά διορθώσεις στην ποιότητα των θρεπτικών στοιχείων και στο pH.



Σχεδιάγραμμα 2. Σχεδιάγραμμα κλειστού (με ανακύκλωση) υδροπονικού συστήματος δεξαμενών μεμονωμένων θρεπτικών στοιχείων, με χρήση αναμικτικής δεξαμενής. (Πηγή:<http://www.alagro.gr/kleista-systhmata/>)

Τα κλειστά συστήματα επαναχρησιμοποιούν το θρεπτικό διάλυμα μέσω ανακύκλωσης για ένα απροσδιόριστο χρονικό διάστημα. Σε αυτόν τον τύπο συστήματος, το θρεπτικό διάλυμα παρακολουθείται και ρυθμίζεται τακτικά για τη διατήρηση των κατάλληλων θρεπτικών αναλογιών. Οι κοινές ρυθμίσεις είναι να διατηρηθεί το θρεπτικό διάλυμα στις σωστές δόσεις. Σε αντίθεση με τα ανοικτά συστήματα τα κλειστά συστήματα μειώνουν τα απόβλητα. Σε γενικές γραμμές τα κλειστά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιούν 20-40% λιγότερο νερό και θρεπτικά συστατικά από ό,τι τα ανοικτά συστήματα, αλλά είναι πιο δύσκολο να παρακολουθούνται και αυτή η δυσκολία προκύπτει από την συσσώρευση ορισμένων θρεπτικών στοιχείων και ιόντων με αποτέλεσμα να μεταβάλλονται οι αναλογίες τους στο θρεπτικό διάλυμα. Οι δεξαμενές και τα συστήματα άντλησης πρέπει να παρακολουθούνται και να συντηρούνται προκειμένου να λειτουργούν σωστά.

Τα υδροπονικά κλειστά συστήματα αντιμετωπίζουν ένα ακόμη σημαντικό πρόβλημα το οποίο είναι η μετάδοση των ασθενειών μέσα στο υδροπονικό σύστημα και αυτό γιατί τα σπόρια από τους μύκητες που μολύνουν ένα φυτό διαδίδονται με την επανακυκλοφορία και στα υπόλοιπα φυτά των καλλιεργειών.

Υπάρχουν διάφορα συστήματα για απολύμανση άλλα και διάφορα χημικά σκευάσματα που απομακρύνουν τον συγκεκριμένο παθογόνο οργανισμό και δεν κάνουν ολική απολύμανση ολόκληρου του θρεπτικού διαλύματος.

Σύμφωνα με τον Wohanka (2002) οι επικρατέστερες μέθοδοι απολύμανσης του διαλύματος είναι:

- Με την χρήση θέρμανσης
- Με την χρήση της υπεριώδους ακτινοβολίας
- Χημικές ουσίες
- Με φιλτράρισμα

Οι μέθοδοι απολύμανσης διαφέρουν προς την οικονομικότητα, το αποτέλεσμα, το χειρισμό και την αξιοπιστία. Η επιλογή γίνεται με βάση τις συνθήκες που επικρατούν και την οικονομική δυνατότητα του κάθε παραγωγού. (Παρασκευάς 2010)

Ένα βασικό πλεονέκτημα του κλειστού συστήματος με βάση ορισμένες μελέτες είναι οι λιγότερες προσβολές από μύκητες στις ρίζες των φυτών, αυτό μπορεί να οφείλεται σε κάποιους ωφέλιμους μικροοργανισμούς που μπορούν να αναπτυχθούν στις ρίζες των φυτών.

5.4 Υδροπονικά συστήματα με την χρήση της γεωθερμίας

Από τη στιγμή που η εφαρμογή των συστημάτων θέρμανσης απαιτείται σχεδόν σε όλα τα θερμοκήπια, η κατανάλωση καυσίμων γίνεται ένας σημαντικός οικονομικός παράγοντας. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να ξεπεραστεί από την χρήση χαμηλού κόστους τεχνικών θέρμανσης αντί της θέρμανσης με συμβατικά καύσιμα.

Εξαιτίας του υψηλού κόστους και της αβεβαιότητας της διαθεσιμότητας των συμβατικών καυσίμων, σημαντική προσοχή έχει δοθεί στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ως εναλλακτικοί τρόποι θέρμανσης των θερμοκηπίων. Η απόδοση αυτών των συστημάτων εξαρτάται έντονα από τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες της περιοχής και τα πρότυπα καλλιέργειας (Rozakis et al, 1997). Γενικά τα συστήματα ανανεώσιμων μορφών ενέργειας έχουν μεγάλο αρχικό κόστος. Αν δεν ληφθεί υπόψη ότι οι απαιτούμενες ποσότητες ενέργειας για την θέρμανση του θερμοκηπίου είναι πολύ μεγάλες, γίνεται σαφές ότι απαιτούνται μεγάλης ισχύος συστήματα και συνεπώς θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας. Η ηλιακή, η αιολική, η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια από θερμικά απόβλητα και η βιομάζα μπορούν να αξιοποιηθούν στη θέρμανση του θερμοκηπίου.

Με την υπόθεση ότι θερμική ενέργεια είναι άφθονη, με τη χρήση θερμικών αντλιών και με γεωτρήσεις της τάξης των 60 m³ μπορεί να θερμανθούν έως και 10 κηπευτικά στρέμματα τα οποία με αυτόν τον τρόπο θα προσφέρουν πρώιμες κηπευτικές καλλιέργειες με σημαντικά μειωμένο περιβαλλοντικό αντίκτυπο λόγω της μειωμένης χρήσης μη ανανεώσιμων πόρων και την παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα.

Πρακτικά με τη χρήση πλαστικών σωλήνων (π.χ. Φ20) οι καλλιέργειες θα τροφοδοτούνται με ζεστό νερό (θερμοκρασία 40-45ο C) το οποίο θα θερμαίνει τις ρίζες

των φυτών. Πιθανές εφαρμογές είναι τα φυλλώδη λαχανικά και τα λαχανικά γενικώς (τομάτες, σπαράγγια, μαρούλια, σπανάκι, baby σπανάκι, πράσινη σαλάτα, μαρούλια, φράουλες).

Μετά τη χρήση του, για λόγους θέρμανσης, το νερό μπορεί να επιστρέφει στον υδροφόρο ορίζοντα, εξασφαλίζοντας ένα ουδέτερο υδατικό αποτύπωμα με συγκριτικά περιβαλλοντικά οφέλη, ιδιαίτερα στον Θεσσαλικό κάμπο που παρουσιάζει σημαντικά υδατικά και υδροδοτικά προβλήματα.

Από άποψη πολιτικής προσαρμογής, μπορεί να οδηγήσει σε ριζική αναδιάρθρωση καλλιεργειών. Επιπλέον, η γεωθερμία, πέραν την εφαρμογής στην αγροτική παραγωγή, μπορεί να βρει και παράλληλες συνεργατικές εφαρμογές με την αστική και περιαστική ανάπτυξη των περιοχών.

5.5 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα υδροπονικής καλλιέργειας

A) ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Η υδροπονική καλλιέργεια των φυτών παρουσιάζει πληθώρα πλεονεκτημάτων όπως είναι η ριζική αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκαλούν στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες οι μεταδιδόμενες μέσω του εδάφους ασθένειες όπως φουζάριο, βερτισίλλιο, πύθιο, πυρηνochaίτη, έντομα εδάφους, νηματώδεις, ορισμένα βακτήρια φυτοϊοί, κ.λ.π. περισσότερα από τα ποικίλα πλεονεκτήματα της υδροπονικής καλλιέργειας αναφέρονται παρακάτω:

- Υψηλότερη απόδοση και καλύτερη ποιότητα των προϊόντων.
- Αποφυγή και εξοικονόμηση του νερού και των θρεπτικών στοιχείων.
- Δυνατότητα ελέγχου των συνθηκών της ρίζας.
- Δυνατότητα καλλιέργειας φυτών σε περιοχές με προβληματικά εδάφη που μειονεκτούν σε φυσικές ιδιότητες.
- βασίζεται στην γεωθερμική ενέργεια συμβάλλοντας ουσιαστικά στην προστασία του περιβάλλοντος.
- Απαλλαγεί των φυτών από ασθένειες που οφείλονται στο έδαφος και επιπλέον δεν χρειάζεται απολύμανση της οποίας έχει σημαντικό κόστος.
- Μείωση του κόστους παράγωγης όσον αφορά την καταπολέμηση των ζιζανίων λόγω του ότι δεν απαιτείται.
- Μείωση χειρωνακτικών εργασιών.

- Μείωση ρύπανσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα από τα λιπάσματα, αυτό συμβαίνει κυρίως στα κλειστά υδροπονικά συστήματα.

B) ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Η υδροπονία έχει ορισμένα μειονεκτήματα όπως το κόστος των εγκαταστάσεων μιας υδροπονικής μονάδας το οποίο είναι αρκετά σημαντικό, το κόστος αυτό αφορά τις εγκαταστάσεις για την παρασκευή και τροφοδοσία του θρεπτικού διαλύματος, και την αγορά του υποστρώματος της καλλιέργειας εφόσον υπάρχει. Κατά την εφαρμογή της υδροπονίας όμως παρουσιάζονται τα σημαντικότερα προβλήματα τα οποία αναφέρονται παρακάτω:

- Απαιτεί χρόνο και δέσμευση.
- Απαιτείται συστηματική παρακολούθηση.
- Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα είναι εύκολη η μετάδοση ασθενειών μέσω του ανακυκλωμένου θρεπτικού διαλύματος εφόσον προσβληθεί ένα φυτό.
- Αυξημένη κατανάλωση λιπασμάτων στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα.
- Χρειάζεται προσεκτικούς χειρισμούς.
- Η εφαρμογή της προϋποθέτει ειδικευμένη γνώση.
- Επιμόρφωση παραγωγών.
- Απολύμανση θρεπτικού διαλύματος.
- Τακτικός έλεγχος στην σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος.
- Είναι σχετικά ευαίσθητα συστήματα.

5.6 Υποστρώματα υδροπονίας

Το υπόστρωμα βοηθά το ριζικό σύστημα να υποστηρίξει το βάρος του φυτού (διατηρώντας το σε όρθια θέση) και συγκρατεί την υγρασία και το οξυγόνο που χρειάζονται οι ρίζες. Ουσιαστικά οποιοδήποτε υλικό που χρησιμεύει ως μέσο ανάπτυξης στο υδροπονικό σύστημα αλλά δεν είναι έδαφος θεωρείται ως «υπόστρωμα».

Υπάρχουν διάφοροι λόγοι για να χρησιμοποιηθεί ένα υπόστρωμα καλλιέργειας αντί του εδάφους, συμπεριλαμβανομένης της μειωμένης κατανάλωσης νερού και ενέργειας και μιας συνολικής μεγαλύτερης απόδοσης.

5.6.1 Ορισμός υποστρωμάτων

Ως υπόστρωμα της υδροπονικής καλλιέργειας μπορεί να ορισθεί κάθε φυσικό ή βιομηχανικά επεξεργασμένο υλικό ή μίγματα αυτών. Ο ρόλος των υποστρωμάτων χρησιμοποιείται αφενός για τη στήριξη του φυτού και αφετέρου για την συγκράτηση του νερού, του αέρα και των θρεπτικών στοιχείων που προέρχονται από το θρεπτικό διάλυμα. Το υπόστρωμα αυτό βρίσκεται σε περιορισμένο σχετικά όγκο με το έδαφος, επομένως οι οποιεσδήποτε αλλαγές που γίνονται είναι άμεσες και δραστικές. Η επιλογή του υποστρώματος είναι σημαντική για την διαμόρφωση όλης της υδροπονικής μονάδας αλλά επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό και όλες τις άλλες παραμέτρους που συμμετέχουν στην οργάνωση της γι' αυτό, το λόγο υπάρχουν διάφορα κριτήρια για την επιλογή του υποστρώματος τα οποία αναφέρονται παρακάτω:

- Δυνατότητα να υπάρχει το υλικό στις αναγκαίες ποσότητες
- Μη παρουσίαση τοξικών επιδράσεων στο καλλιεργούμενο φυτό από το υλικό
- Χαμηλό κόστος υλικού
- Μη ύπαρξη τοξικών ή επικίνδυνων ουσιών για την ανθρώπινη υγεία
- Σταθερότητα στην δομή του για όλη την καλλιεργητική περίοδο.
- Εύκολο στην χρήση του και δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης.
- Το υλικό να είναι αδρανές από πλευράς θρεπτικών στοιχείων ή οι συγκεντρώσεις του να μην επηρεάζουν το θρεπτικό ισοζύγιο του φυτού.

Έκτος των αναφερόμενων κριτηρίων που πρέπει να παρουσιάζει ένα υπόστρωμα πρέπει να παρουσιάζει και άλλες ιδιότητες για την σωστή ανάπτυξη των φυτών. Έτσι πρέπει:

- Να επιτρέπει την σωστή κατανομή του νερού και του αέρα και την σωστή κυκλοφορία του θρεπτικού διαλύματος..
- Η τιμή του pH να είναι σταθερή.
- Να έχει την ικανότητα συγκράτησης του νερού
- Να μην περιέχει παθογόνους μικροοργανισμούς
- Να μην «πληγώνει» τις ρίζες των φυτών.

5.6.2 Υποστρώματα

Στις υδροπονικές καλλιέργειες ως υπόστρωμα χρησιμοποιείται ο πετροβάμβακας, ο περλίτης, ο βερμικουλίτης, η ελαφρόπετρα, η άμμος, ο κοκοφοίνικας, τα χαλίκια μικρής διαμέτρου και διάφορες κομπόστες οργανικής προέλευσης.

Στην συνέχεια αναφέρονται τα κυριότερα υποστρώματα της υδροπονικής καλλιέργειας και γίνεται αναλυτικότερη η αναφορά τους.

5.6.2.1 Πετροβάμβακας

Ο πετροβάμβακας είναι ανόργανο υλικό, οι πρώτες ύλες από το οποίο παράγεται θερμαίνονται σε υψηλή θερμοκρασία λιώνουν και εξωθούνται σε καλούπι, ώστε να διαμορφωθούν σε ίνες. Το κύριο μειονέκτημα του είναι ότι δεν είναι ανακυκλώσιμο υλικό με αποτέλεσμα να προκαλεί οικολογικό πρόβλημα. (Κάνδηλα, 2010)

5.6.2.2 Περλίτης

Είναι ένα ορυκτό που προέρχεται από ηφαιστειογενή προέλευση και παρασκευάζεται με θέρμανση στους 1000 °C.

5.6.2.3 Ελαφρόπετρα

Η ελαφρόπετρα είναι ηφαιστειογενές υλικό και η παραγωγή της γίνεται στην χώρα μας. Το κύριο πλεονέκτημα της είναι πως παρουσιάζει μειωμένο κίνδυνο από προσβολή παθογόνων μικροοργανισμών σε σχέση με άλλα υποστρώματα.

5.6.2.3 Ίνες καρύδας

Οι ίνες καρύδας είναι υποπροϊόν των καρπών της καρύδας. Πριν γίνει η προώθηση του στο εμπόριο, πραγματοποιείται πλύση, ζύμωση για ορισμένο χρονικό διάστημα και στην συνέχεια αφυδατώνεται. Έχει το μειονέκτημα ότι μπορεί να έχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα και έτσι ξεπλένονται με άφθονο νερό.

5.6.2.4 Τύρφη

Η τύρφη είναι οργανικό υλικό που αποτελείται από αποδομημένα υπολείμματα φυτών. Υπάρχουν διάφορα είδη τύρφης όπως ξανθή, μαύρη κ.τ.λ. Η μέθοδος με τις διάφορες τύρφης τα πρώτα χρόνια βοήθησε στην αποφυγή κάποιων ασθενειών του εδάφους και έδωσε καλά αποτελέσματα ενώ σήμερα εγκαταλείπεται, γιατί παρουσιάζει προβλήματα στην άρδευση και η διαχείριση του νερού είναι δύσκολη. (Κάνδηλα, 2010)

5.7 Υδροπονική καλλιέργεια τομάτας

Τα στάδια που περνάει μία καλλιέργεια τομάτας πριν την εγκατάστασή της είναι πολλά και εξίσου σημαντικά. Αρχικά γίνεται χημική ανάλυση του νερού άρδευσης διότι η ποιότητα του νερού άρδευσης διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Η χημική ανάλυση είναι απαραίτητη αφού αποτελεί βάση για τη συνταγή λίπανσης και περαιτέρω επιτυχία της καλλιέργειας. Στην συνέχεια διαμορφώνεται το έδαφος του θερμοκηπίου. Η ισοπέδωση του εδάφους αποτελεί προϋπόθεση για να υπάρχουν άριστα αποτελέσματα. Μέγιστη επιτρεπτή κλίση είναι 1,5% ενώ ιδανική είναι 0,5%. Άλλο ένα βήμα που θα πρέπει να πραγματοποιήσουμε είναι οι υπολογισμοί υποστρώματων και φυτωρίων και επιλογή του καλύτερου κατά περίπτωση σχήματος της καλλιέργειας. Ο υπολογισμός του αρδευτικού συστήματος (μία θέση ποτίσματος ανά φυτό). Όπως και ο υπολογισμός των άλλων εγκαταστάσεων (δοσομετρικών αντλιών κ.λ.π). Ακολουθεί η εγκατάσταση του αρδευτικού συστήματος και του δοσομετρητή λίπανσης. Η εγκατάσταση των σωληνώσεων, σταλακτών γίνεται με τον ίδιο τρόπο όπως και στην καλλιέργεια στο χώμα, ενώ ο δοσομετρητής των λιπασμάτων τοποθετείται στην αρχή του αρδευτικού συστήματος. Στη συνέχεια γίνεται τοποθέτηση και γέμισμα του υποστρώματος με το θρεπτικό διάλυμα. Μετά το χρονικό διάστημα των 24 ωρών γίνονται οι σχισμές οι οποίες εξυπηρετούν στην απορροή (αποστράγγιση) του υποστρώματος μετά από κάθε πότισμα (10 έως 20% νερού ποτίσματος). Τέλος πραγματοποιείται έλεγχος του pH και της ΕΟ. που αποτελεί αναγκαία τεχνική της υδροπονικής καλλιέργειας. Μετρώντας το pH και την ΕΟ., ελέγχεται η αποτελεσματικότητα του αρδευτικού συστήματος και το περιβάλλον της ρίζας ώστε να γίνονται διορθώσεις όταν και όποτε χρειάζεται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^Ο ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ, ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ & ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΗΣ ΤΟΜΑΤΑΣ

6.1 Περιγραφή του φυτού τομάτας

Η τομάτα είναι πολυετές ποώδες φυτό που η καλλιέργεια της είναι ετήσια για τους εδάδιμους καρπούς της. Στο είδος το οποίο ανήκει είναι τα διπλοειδή. Η καλλιέργεια της γίνεται για τον καρπό της, ο οποίος ποικίλει από χρώματα και σχήματα ανάλογα με το είδος στο οποίο ανήκει. Η κατανάλωση της τομάτας γίνεται όταν είναι ώριμη, νωπή, αποξηραμένη, σε άλμη, ακέραια ή πολτοποιημένη. Οι καρποί του φυτού όταν είναι άωροι συντηρούνται σε άλμη ή ξύδι λόγω του ότι αν γίνει η κατανάλωση τους όταν είναι νωποί είναι τοξικοί.

Η καλλιέργεια της τομάτας γίνεται κυρίως σε μέρη της υπαίθρου και σε θερμοκήπια παντού στον κόσμο και η καταναλωσή της γίνεται σε όλη την διάρκεια του χρόνου, νωπή αλλά και σε ακόμα μεγαλύτερες ποσότητες ως μεταποιημένη. Η υπαίθρια καλλιέργεια της τομάτας γίνεται κυρίως για τις βιομηχανικές τομάτες. Στην περίπτωση αυτή οι σπόροι σπέρνονται κατά την διάρκεια του τελευταίου δεκαήμερου του Απριλίου. Όσον αφορά την καλλιέργεια τομάτας σε θερμοκήπια αυτή γίνεται για τις επιτραπέζιες τομάτες. Σε αυτή την περίπτωση μπορεί είτε να πραγματοποιηθεί μεταφύτευση στο θερμοκήπιο μέσα Σεπτεμβρίου με μέσα Νοεμβρίου και η συγκομιδή να πραγματοποιηθεί μέσα Φεβρουαρίου και τέλη Ιουνίου, είτε η μεταφύτευση να γίνει μέσα Ιανουαρίου με μέσα Φεβρουαρίου και η συγκομιδή να λάβει χώρα αρχές Απριλίου με τέλη Ιουνίου.

6.1.2 Καταγωγή του φυτού

Το επιστημονικό όνομα της καλλιεργούμενης τομάτας είναι *Lycopersicon esculentum* και ανήκει στην οικογένεια *Solanaceae*. Άμεσος πρόγονος της σημερινής τομάτας θεωρείται η κερασотоμάτα. Η καταγωγή του *esculentum* είναι η Ν. Αμερική και συγκεκριμένα το Μεξικό, όπου και σήμερα υπάρχουν πολλές παραλλαγές από την άγρια τομάτα. Στην Ευρώπη διαδόθηκε τον 16^ο μ.Χ αιώνα ενώ στην Ελλάδα ήρθε το 1818 περίπου. Αρχικά καλλιεργήθηκε σαν καλλωπιστικό και όχι σαν λαχανικό λόγω του ότι οι καρποί της θεωρούνταν πως είναι δηλητηριώδη. Ο λόγος που η τομάτα θεωρούνταν ακατάλληλη για κατανάλωση, ήταν η μεγάλη ομοιότητα που είχε με το φυτό άτροπος, το οποίο το γνώριζαν από την αρχαία Ελλάδα για τις δηλητηριώδες ιδιότητες του. Έτσι η συστηματική καλλιέργεια της τομάτας για κατανάλωση των καρπών της, καθυστέρησε για τρεις αιώνες περίπου. (Κάνδηλα, 2010)

6.2 Καλλιέργεια τομάτας στην Ελλάδα

Στην χώρα μας η εισαγωγή της τομάτας αρχικά έγινε στην Αθήνα. Η καλλιέργεια της τομάτας με μικρό καρπό (τοματα cherry) υπήρχε από πριν σε κάποια από τα νησιά του Αιγαίου, η οποία καλλιέργεια καλλιεργούνταν σε οικογενειακούς κήπους και η συλλογή της γινότανε με τα τσαμπιά, όπου διατηρούνταν σε αποθήκες, ώστε να γίνει η καταναλωσή της τον χειμώνα. Το 1989 ο μικρός αυτός καρπός σε μέγεθος όπως το κεράσι, μετά από γενετική βελτίωση προσφέρεται για καλλιέργεια θερμοκηπίου.

Σε διεθνή κλίμακα η καλλιέργεια της τομάτας καταλαμβάνει σε έκταση την τρίτη θέση μετά την πατάτα και την γλυκοπατάτα, ενώ στην χώρα μας η επιτραπέζια τομάτα καταλαμβάνει την δεύτερη θέση μετά την πατάτα. Σήμερα οι καλλιεργήσιμες ποικιλίες και των υβριδίων της τομάτας είναι οι εξής: βιομηχανική τομάτα, επιτραπέζια τομάτα και τα τελευταία χρόνια γίνεται καλλιέργεια της τομάτας τύπου cherry. Το τοματάκι τύπου cherry είναι μια καλλιέργεια με δυναμική και προοπτικές.

Στην σημερινή κατάσταση το πιο μεγάλο τμήμα αφορά την παραγωγή και την μεταποίηση της βιομηχανικής τομάτας. Στην Ελλάδα βρίσκεται στις εξής γεωγραφικές περιοχές:

- Τη Βόρεια περιοχή (Θράκη-Μακεδονία) η οποία είναι υπεύθυνη για το 25% της παραγωγής.
- Τη Κεντρική περιοχή (Θεσσαλία-Βοιωτία) υπεύθυνη για το 60% της παραγωγής
- και την περιοχή της Πελοποννήσου που είναι υπεύθυνη για το 15% της εγχώριας παραγωγής.

Η χώρα μας έχει πολλές και μεγάλες εκτάσεις καλλιεργούμενης τομάτας, όπως βλέπουμε στον πίνακα 4. ως αποτέλεσμα η επιφάνεια της γης η οποία καλλιεργείται είναι περίπου 10% από το σύνολο της έκτασης της.

Πίνακας 4. Καλλιεργούμενες εκτάσεις τομάτας στην Ελλάδα (Μαλαματένιου, 2017)

Εκτάσεις (χιλ.στρέμματα)	2011		2012		2013		2014		% 2011/ 2012	% 2012/ 2013	% 2013/ 2014
Συνολικά καλλιεργούμενη γεωργική γη	35.666		35.600		36.285		33.341		-0,2	1,9	-5,8
Τομάτες	280,5	0,80%	275	0,80%	265,8	0,70%	173,4	0,52%	-2	-3,4	-34,8
Βιομηχανικές	105,8	37,70	101,3	36,80%	93,6	35,20%	60,7	35,01%	-4,3	-7,6	-35,2
Υπαίθριες	140,6	50,10	140,8	51,20%	138,9	52,30%	86,4	49,83%	0,1	-1,3	-37,8
Θερμοκηπίου	34,1	12,20	32,9	12,00%	33,2	12,50%	26,3	15,17%	-3,5	1	-20,8

6.3 Βοτανικά χαρακτηριστικά τομάτας

Η τομάτα γενικά είναι αυτογονιμοποιούμενο είδος, ενώ σταυρογονιμοποίηση έχουμε στις περιοχές όπου αυτοφύεται και σε κάποιες περιοχές υποτροπικές. Το στελεχός της είναι διακλαδιζόμενο και έχει ύψος από 0,50 μ. περίπου ενώ στους αυτοκλαδευόμενους τύπους ή νάνους έως 1,50 μ. Η διασταύρωση της τομάτας μπορεί να πραγματοποιηθεί με λίγη ή πολύ δυσκολία με όλα τα είδη του γένους και να δημιουργήσει υβρίδια. Η διαδικασία αυτή έχει αναπτυχθεί αρκετά τα τελευταία 50 χρόνια με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν ποικιλίες με επιθυμητά χαρακτηριστικά. Παρακάτω αναλύονται τα βοτανικά χαρακτηριστικά της τομάτας.

6.3.1 Ριζικό σύστημα

Σε περίπτωση που η σπορά της τομάτας γίνεται απευθείας σχηματίζει πασσαλώδη ρίζα (Εικόνα 5.) και αναπτύσσεται σε βάθος μέχρι και δύο μέτρα αν και το μεγαλύτερο μέρος του ριζικού συστήματος βρίσκεται στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους. Βέβαια στα καλλιεργούμενα φυτά τομάτας τα οποία σχεδόν πάντοτε έχουν υποστεί μεταφύτευση η πρωτογενής πασσαλώδης ρίζα τραυματίζεται και καταστρέφεται κατά

την διαδικασία μεταφοράς του φυτού από το ένα μέσο ανάπτυξης του φυτού στο άλλο. Γι'αυτό το λόγο ριζικό σύστημα των προερχόμενων φυτών από την μεταφύτευση αποκτά μάλλον μια θυσσανώδη μορφή σαν συνέπεια της ανάπτυξης πολλών δευτερογενών πλάγιων ριζών μετά τον τραυματισμό της πρωτογενούς κεντρικής ρίζας. (καπουράνη, 2002)



Εικόνα 5. Ριζικό σύστημα τομάτας

(Πηγή:http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%9D%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%AC%CF%84%CE%B1_%CF%86%CF%85%CF%84%CF%8C)

6.3.2 Βλαστός

Ο βλαστός της τομάτας (Εικόνα 6.) αρχικά είναι εύθραυστος και σταδιακά γίνεται σκληρός χωρίς να ξυλοποιείται. Αρχικά ο βλαστός σχηματίζει 6-9 συνθετικά φύλλα και στην συνέχεια γίνεται αναστολή της αναπτυξής του με την έκπτυξη μιας κορυφαίας ταξιανθίας. Ο κεντρικός άξονας του φυτού συνεχίζεται από έναν πλάγιο που εκφύεται από την μασχάλη κάτω από την κορυφαία ταξιανθία. Λόγω της ισχυρής ανάπτυξης του ο πλάγιος βλαστός λαμβάνει κατακόρυφη κατεύθυνση και έτσι η ταξιανθία εξωθείται προς τα πλάγια. Ο βλαστός αυτός μετά το σχηματισμό τριών συνήθως φύλλων σχηματίζει επίσης μια επάκρια ταξιανθία και αναστέλλει την ανάπτυξή του. Η αύξηση του φυτού συνεχίζεται πάλι με τον ίδιο τρόπο, δηλαδή πλάγιο βλαστό κάτω από την κορυφαία ταξιανθία, τρία καινούργια φύλλα, νέα ταξιανθία κ.ο.κ. (Βασταρδης, 1997)



Εικόνα 6. Βλαστός της τομάτας

(Πηγή:http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%9D%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%AC%CF%84%CE%B1_%CF%86%CF%85%CF%84%CF%8C)

6.3.3 Φύλλα

Τα φύλλα της τομάτας είναι σύνθετα (Εικόνα 7.) με κάποιο περιττό αριθμό φυλλαρίων που κυμαίνονται από 7 έως 11. Το μέγεθος αυτών των φυλλαρίων εξαρτάται από δυο παράγοντες από την ποικιλία και την θρέψη του φυτού. Στην επιφάνεια τους όπως συμβαίνει και στους βλαστούς υπάρχουν αδενώδη τριχίδια που συνιστούν το χνούδι της τομάτας τα οποία είναι μονοκύτταρα ή πολυκύτταρα και όταν προκαλείται η θραύση τους αναδύουν την χαρακτηριστική οσμή του φυτού.



Εικόνα 7. Φύλλα τομάτας

(Πηγή:http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%9D%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%AC%CF%84%CE%B1_%CF%86%CF%85%CF%84%CF%8C)

6.3.4 Άνθη

Οι τομάτες είναι αυτοφυείς, πράγμα που σημαίνει ότι κάθε άνθος μπορεί να επικονιαστεί. Παρ' όλα αυτά, η παρουσία των μελισσών ή και του ανέμου βελτιώνει αρκετά την επικονίαση με την ώθηση των ανθών ακριβώς για να βοηθήσει τη μετατόπιση της γύρης από τους στήμονες. Τα άνθη της τομάτας είναι κίτρινα (Εικόνα 8.) και είναι σημαντικά για την αναπαραγωγή και την παραγωγή σπόρων. Ένα άνθος τομάτας αναφέρεται μερικές φορές ως ένα τέλειο άνθος επειδή τόσο τα αρσενικά όσο και τα θηλυκά όργανα βρίσκονται μέσα στο ίδιο λουλούδι.



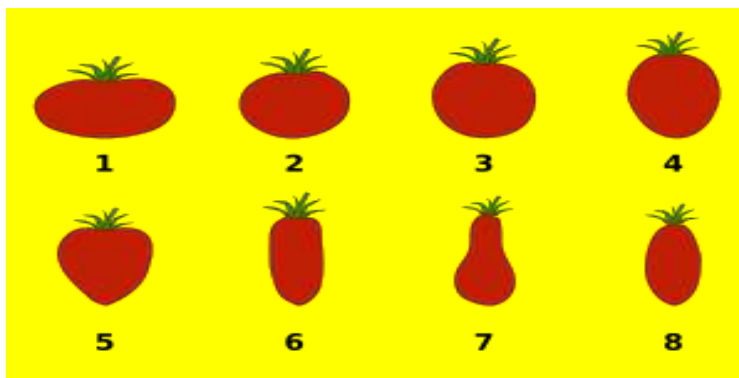
Εικόνα 8. Άνθος τομάτας

Το άνθος της τομάτας αποτελείται από τέσσερα κύρια μέρη:

- *Φύλλο καλύμματος λουλουδιών:* Αυτό το μέρος του άνθους, έχει πράσινο χρώμα και είναι ορατό για πρώτη φορά όταν σχηματίζεται το μπουμπούκι, η ιδιότητα του είναι να προστατεύει το μπουμπούκι πριν ανοίξει.
- *Πέταλα:* Αυτό είναι το μέρος του λουλουδιού που προσελκύει τις άγριες μέλισσες. Στα άνθη της τομάτας, τα πέταλα είναι συνήθως κίτρινου χρώματος.
- *Στήμονας:* Αυτό είναι το αρσενικό μέρος του άνθους. Συνήθως αποτελείται από το νήμα και έναν ανθήρα με γύρη που βρίσκεται στην κορυφή του νήματος. Η γύρη περιέχει τις αρσενικές γενετικές πληροφορίες. Στα άνθη της τομάτας, οι στήμονες βρίσκονται σε μια δομή σε σχήμα σωλήνα. Είναι επίσης κίτρινα όπως τα πέταλα.
- *Υπερος άνθους:* Αυτό είναι το θηλυκό μέρος του άνθους. Αποτελείται από το στίγμα, και τις ωοθήκες και βρίσκεται στο κέντρο του λουλουδιού, που περιβάλλεται από τους στήμονες.

6.3.5 Καρπός

Ο καρπός ποικίλει σε διάμετρο από 1,5 έως 7,5 cm (0,6 έως 3 ίντσες) ή και περισσότερο. Είναι συνήθως κόκκινος, ή κίτρινος, αν και υπάρχουν πράσινες και πορφυρές ποικιλίες και ποικίλουν σε σχήμα όπως βλέπουμε και στην Εικόνα 9. από σχεδόν σφαιρικό σε οβάλ και επιμήκεις σε σχήμα αχλαδιού. Κάθε καρπός περιέχει τουλάχιστον δύο κύτταρα μικρών σπόρων περιτριγυρισμένο από ζελέ πολτού.



Εικόνα 9. Σχήματα τομάτας

6.3.6 Σπόρος

Ο σπόρος της τομάτας όπως βλέπουμε στην εικόνα 10. Έχει ωοειδές σχήμα είναι πεπλατυσμένος με χρώμα καφέ ή κίτρινο και η επιφανειά του είναι μεταξώδης. Οι σπόροι βρίσκονται στο εσωτερικό των κοιλοτήτων της κοιλότητας του καρπού και περικλείονται σε ζελατινώδεις μεμβράνες.

Υπάρχουν αγγειακές δέσμες σε όλο το εξωτερικό τοίχωμα του περικαρπίου και ταξιθεύουν από το στέλεχος στο κέντρο της τομάτας και από εκεί ακτινοβολούν σε κάθε σπόρο

Οι σπόροι έχουν διάμετρο 3-5mm και το βάρος των σπόρων της τομάτας ζυγίζει 1g.



Εικόνα 10. Σπόροι τομάτας (Πηγή: <https://www.tovima.gr/2012/06/12/afieromata/ntomata-sti-glastra-kai-ston-kipto/>)

6.4 Ποικιλίες

Οι ποικιλίες της τομάτας όπως και τα υβρίδια είναι πάρα πολλά. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται ορισμένα υβρίδια και ορισμένες ποικιλίες που καλλιεργούνται σε σημαντικές εκτάσεις θερμοκηπίων ή στην ύπαιθρο, από τις οποίες θα αναφέρουμε τις κυριότερες στην συνέχεια:

Alma F₁. Είναι υβρίδιο πολύ παραγωγικό, μεσοπρώιμο, κατάλληλο για καλλιέργειες θερμοκηπίου και υπαίθρια πρώιμη-όψιμη. Ο καρπός του είναι μεγάλου μεγέθους, 250-300 gr, είναι σφαιροειδής και σφιχτός με πολύ καλή ικανότητα διατήρησης μετά τη συγκομιδή. Είναι ανθεκτικό στο μωσαϊκό καπνό, τις αδρομυκώσεις και τους νηματώδεις.

Arletta F₁. Υβρίδιο πρώιμο και πολύ παραγωγικό χρησιμοποιείται για πρώιμη καλλιέργεια σε θερμοκήπιο. Ο καρπός του είναι ευμεγέθους περίπου 250gr, σφαιροειδής και σφιχτός. Είναι ανθεκτικό στο μωσαϊκό του καπνού και στις αδρομυκώσεις.

Baya F₁. Είναι μεσοπρώιμο και πολύ παραγωγικό υβρίδιο, κατάλληλο για πρώιμη-όψιμη καλλιέργεια στο θερμοκήπιο και στην ύπαιθρο. Το φυτό είναι εύρωστο, μεγάλης ανάπτυξης με κοντά μεσογονάτια διαστήματα. Ο καρπός του είναι 250-300gr, σφαιροειδής και συνεκτικός. Είναι ανθεκτικό στο μωσαϊκό του καπνού και στις αδρομυκώσεις.

Caruso F₁. Είναι υβρίδιο μέσης πρωιμότητας με φυτά μέτριας ζωηρότητας. Οι καρποί του είναι μεγάλου μεγέθους 200gr. περίπου με σχήμα στρογγυλό. Έχει αντοχή στο μωσαϊκό του καπνού, στο κλαδοσπόριο και στις αδρομυκώσεις.

Dombo F₁. Είναι φυτό εύρωστο με κοντά μεσογονάτια διαστήματα. Ο καρπός του είναι σφαιροειδής και σφιχτός με μέγεθος 250gr περίπου. Έχει αντοχή στο μωσαϊκό του καπνού, στο κλαδοσπόριο και στις αδρομυκώσεις.

Dombito F₁. Είναι υβρίδιο παραγωγικό και πρώιμο. Τα φυτά είναι εύρωστα με κοντά μεσογονάτια διαστήματα. Ο καρπός του είναι 200-250gr είναι σφιχτός και ανθεκτικός

στις μεταφορές. Έχει αντοχή στο μωσαϊκό του καπνού, στο φουζάριο και στο κλαδοσπόριο.

Optima F₁. Είναι υβρίδιο υψηλών αποδόσεων με ομοιόμορφους και σφιχτούς καρπούς με μεγάλο μέγεθος. Είναι ανθεκτικό στο μωσαϊκό του καπνού.

Bongo F₁. Είναι πρώιμο και παραγωγικό υβρίδιο, ζωηρής ανάπτυξης, είναι αυτοκλαδεύόμενο και κατάλληλο για ανοιξιάτικη και καλοκαιρινή καλλιέργεια. Δίνει καρπό μεγάλου μεγέθους και παρουσιάζει αντοχή στις αδρομυκώσεις.

Club F₁. Είναι υβρίδιο αυτοκλαδεύόμενο, πολύ παραγωγικό, κατάλληλο για πρώιμη-όψιμη καλλιέργεια υπαίθρια καλλιέργεια με ή χωρίς υποστύλωση. Φυτό ζωηρό με καρπούς 200-250gr. Ομοιόμορφους, σφαιροειδής και σφιχτούς. Είναι ανθεκτικό στο μωσαϊκό του καπνού και στις αδρομυκώσεις.

Dual larg F₁. Είναι μεσοπρώιμο υβρίδιο, αυτοκλαδεύόμενο, ζωηρής ανάπτυξης, παραγωγικό με καρπό σφαιροειδή και μεγάλου μεγέθους. Είναι κατάλληλο για καλοκαιρινή και φθινοπωρινή καλλιέργεια και αντέχει στις αδρομυκώσεις.

Galli F₁. Είναι υβρίδιο μεσοπρώιμο, αυτοκλαδεύόμενο και πολύ παραγωγικό, κατάλληλο για πρώιμη υπαίθρια καλλιέργεια με ή χωρίς υποστύλωση. Το φυτό είναι ζωηρό περιορισμένου ύψους με καρπούς σφαιροειδής και βάρος 250gr περίπου συνεκτικούς κόκκινου χρώματος. Είναι ανθεκτικό στο μωσαϊκό του καπνού και στις αδρομυκώσεις.

Ζαπάτα. Η ζαπάτα είναι υβρίδιο που καλλιεργείται στο θερμοκήπιο το οποίο όταν καλλιεργηθεί σωστά προσφέρει μοναδικά πλεονεκτήματα σε σχέση με όλα τα άλλα καλλιεργούμενα υβρίδια. Ο καρπός του έχει ικανοποιητικό μέγεθος 250-260gr. Έχει έντονο κόκκινο και ομοιόμορφο χρώμα χωρίς πράσινες ράχες, τοιχώματα λεπτά και συνεκτικά ενώ διατηρείται 15-20 μέρες περισσότερο από τα κλασικά υβρίδια.

Ace 55. Είναι μεσοπρώιμη ποικιλία, παραγωγική κατάλληλη κυρίως για υπαίθριες καλλιέργειες. Είναι φυτό ζωηρό, μέτριας ανάπτυξης με καρπούς στρογγυλούς. Ο καρπός του έχει μέγεθος 200-250gr. Είναι ανθεκτικός στις αδρομυκώσεις.

Early Pack. Είναι ποικιλία παραγωγική μέσης πρωιμότητας, μετρίου ύψους, χρησιμοποιείται κυρίως σε πρώιμες υπαίθριες καλλιέργειες. Ο καρπός είναι σφαιροειδής 180gr.

Pearson. Είναι ποικιλία μέσης πρωιμότητας με φυτά εύρωστα μέτριας ανάπτυξης. Δίνει καρπό μέσου και μεγάλου μεγέθους, σφαιροειδή και σαρκώδη. Έχει μικρή αντοχή στις αδρομυκώσεις.

Στην συνέχεια αναφέρονται οι ποικιλίες που έχουν καρπό μικρού μεγέθους και η παραγωγή τους εξυπηρετεί κυρίως τη βιομηχανία.

Rio Grande. Είναι ποικιλία μέσης πρωιμότητας-όψιμη, παραγωγική κατάλληλη για μηχανική συγκομιδή, για τη βιομηχανία. Ο καρπός είναι μέσου βάρους 100gr ωοειδής με σάρκα συμπαγή. Το φυτό είναι μέτριας ανάπτυξης.

Roma VF. Είναι ποικιλία μέσης πρωιμότητας είναι κατάλληλη για υπαίθριες καλλιέργειες. Φυτό περιορισμένης ανάπτυξης με καρπό μικρό, 50-70gr με σχήμα ωοειδή. Παρουσιάζει αντοχή στις αδρομυκώσεις.

Sprint H11 Fl. Είναι υβρίδιο μεσοπρώιμο για παράγωγή βιομηχανοποίησιμη. Οι καρποί ωριμάζουν ταυτόχρονα και συγκομίζονται συνήθως με μια κοπή. Το φυτό είναι εύρωστο και παραγωγικό με καρπούς πολύ συμπαγείς, ωοειδούς σχήματος με βάρος 80-110gr Είναι ανθεκτικός στις αδρομυκώσεις.

6.5 Καλλιεργητικές φροντίδες

Στις υδροπονικές καλλιέργειες τομάτας οι καλλιεργητικές φροντίδες αφορούν διάφορες περιποιήσεις που χρειάζεται το φυτό προκειμένου να έχει αποτελεσματική ανάπτυξη και ενδεχομένως υψηλή παραγωγή. Σε αυτές τις φροντίδες περιλαμβάνεται η υποστύλωση των φυτών η οποία είναι απαραίτητη στις αναρριχώμενες ή ημιαναρριχώμενες ποικιλίες, είτε κλαδεύονται ως μονοστέλεχες είτε ως διστέλεχες. Χρησιμοποιούνται ξύλινοι πάσσαλοι, γαλβανισμένο ή ανοξείδωτο σύρμα, σπάγκος, ράφια, μεταλλικά ή πλαστικά κλίπς, άγκιστρα κ.α. ώστε τα φυτά να υποστυλώνονται και να δένονται στην οροφή, για να μην έρπουν στο έδαφος. Στην καλλιέργεια της τομάτας λοιπόν δένονται τα τοματόφυτα από την οροφή με σπάγκο και αφαιρούνται οι πλευρική βλαστοί, ενώ τυλίγονται τα φυτά στο σπάγκο στήριξης προσέχοντας το επάκριο μερίστωμα των φυτών να μην υπερβαίνει σε ύψος το σύρμα στήριξης του σπάγκου. Αυτό επιτυγχάνεται με το χαμήλωμα και το γύρισμα των φυτών. Πριν το χαμήλωμα των φυτών γίνεται αφαίρεση των χαμηλών φύλλων, ώστε τα φυτά να διατηρούν φύλλα μέχρι την ταξικαρπία που πρόκειται να συλλεχτεί. Έτσι διευκολύνεται η κυκλοφορία του αέρα στο χώρο του θερμοκηπίου και αποφεύγεται η ανάπτυξη ασθενειών, επίσης διευκολύνεται και η συλλογή των καρπών. Καλλιεργητικές φροντίδες επίσης αποτελούν το κλάδεμα και οι επεμβάσεις φυτοπροστασίας. Η γονιμοποίηση των άνθεων είναι ουσιώδους σημασίας για το μέγεθος της παραγωγής, αλλά και την ποιότητα των καρπών. Την περίοδο του χειμώνα και όταν η ένταση του φωτός είναι μικρή είναι απαραίτητο να γίνεται προσεκτική δόνηση των ανθοταξιών με ηλεκτρικό δονητή τουλάχιστον τρεις φορές την εβδομάδα. Όταν το φως είναι επαρκές αραιώνουν οι δονήσεις, ενώ η χρησιμοποίηση εντόμων, όπως οι μέλισσες για γονιμοποίηση, δίνουν πολύ καλά αποτελέσματα στα υβρίδια ζαπάτα, στα θερμαινόμενα θερμοκήπια και το χειμώνα και μετά. (Καπουράνη 2002)

6.5.1 Κλάδεμα

Το κλάδεμα είναι μια καλλιεργητική φροντίδα που επιβάλλεται να γίνεται στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες της τομάτας και αποσκοπεί γενικά στον καλύτερο έλεγχο της βλάστησης και της καρποφορίας των φυτών. Πιο αναλυτικά το κλάδεμα θεωρείται απαραίτητο για τους εξής λόγους :

- Με το κλάδεμα τα τοματόφυτα λαμβάνουν το κατάλληλο σχήμα, ώστε η εκμετάλλευση του όγκου του θερμοκηπίου να είναι η καλύτερη δυνατή.
- Επιτυγχάνεται καλύτερη ποιότητα καρπών.
- Μειώνεται ο κίνδυνος προσβολών από ασθένειες.
- Ένα σωστά κλαδευμένο φυτό τομάτας επιτρέπει την καλύτερη κυκλοφορία του αέρα μεταξύ των φύλλων, ώστε το φυτό να στεγνώσει πολύ πιο γρήγορα μετά από πότισμα ή βροχόπτωση. Αυτό βοηθά στην πρόληψη της εξάπλωσης των μυκήτων και των βακτηριδίων γύρω από το φυτό.

Οι επεμβάσεις που γίνονται στα πλαίσια του κλαδέματος είναι οι εξής:

α) αφαίρεση βλαστών, β) σύντμηση βλαστών, γ) αφαίρεση φύλλου και δ) αφαίρεση νεαρών, άωρων καρπών. Στην συνέχεια θα γίνει αναλυτική περιγραφή για την αφαίρεση των βλαστών και την αφαίρεση των νεαρών και άωρων καρπών

α) Αφαίρεση βλαστών

Αν η τομάτα αφεθεί να αναπτυχθεί τελείως φυσικά χωρίς να κλαδευτεί θα λάβει θαμνώδη μορφή, με συνέπεια το ύψος της να μην αυξηθεί σημαντικά λόγω των πολλών πλάγιων βλαστών 1ης, 2ης και 3ης τάξεως που θα σχηματισθούν. Τέτοια φυτά όμως δεν είναι παραγωγικά και σχηματίζουν πολλούς μικρούς καρπούς κακής ποιότητας. Για αυτό οι πλάγιοι βλαστοί αφαιρούνται με στόχο τα φυτά να αναπτυχθούν κατακόρυφα και να φέρουν μόνο έναν ή δυο άξονες αύξησης (στελέχη). Οι αφαιρούμενοι πλάγιοι βλαστοί προέρχονται από οφθαλμούς που φέρονται στις μασχάλες των φύλλων.

Η διαμόρφωση του φυτού γίνεται έτσι ώστε να υπάρχει ένα σχήμα μονοστέλεχο, αυτό το σχήμα πραγματοποιείται με την αφαίρεση όλων των πλάγιων βλαστών ώστε να μείνει μόνο μια κορυφή η οποία θα αυξάνεται και θα δημιουργεί καινούργια βλάστηση . Χάρης στις πολύπλευρες δυνατότητες υποστύλωσης των φυτών της τομάτας που παρέχονται όταν ακολουθείται αυτό το σχήμα διαμόρφωσης της κόμης, το μονοστέλεχο σύστημα είναι το πιο συνηθισμένο στην καλλιεργητική πράξη.

Όταν επιδιώκεται ο σχηματισμός δύο στελεχών ανά φυτό (διστέλεχο σχήμα) ο κεντρικός βλαστός κορυφολογείται σε ύψος 30-40 εκ. περίπου και αφήνονται να αναπτυχθούν δύο πλάγιοι βλαστοί στο τμήμα του στελέχους που βρίσκεται αμέσως κάτω από το σημείο αποκοπής της κορυφής. Εναλλακτικά, ο κεντρικός βλαστός αντί να

κορυφολογηθεί μπορεί να αφεθεί να αναπτυχθεί κανονικά, ώστε να αποτελέσει το ένα από τα δύο στελέχη ενώ το δεύτερο στέλεχος λαμβάνεται από τον πρώτο πλάγιο βλαστό που εκπύσσεται πάνω από την πρώτη ταξιανθία. Οι απομένοντες βλαστοί οι οποίοι είναι πλάγιοι δεύτερης τάξεως αφαιρούνται.

Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι αφαίρεσης των πλάγιων βλαστών στην τομάτα. Ο απλούστερος τρόπος είναι να ασκηθεί πίεση στον πλάγιο βλαστό όταν αρχίζει να βγαίνει. Αν η αφαίρεση αυτή γίνει αρκετά νωρίς, μπορεί εύκολα να αφαιρεθεί πιάνοντας την βάση του βλαστού με τον αντίχειρα και άσκηση ελαφριάς ροπής μπρος, πίσω μέχρι να σπάσει. Το κλάδεμα με αυτό τον τρόπο θα επιτρέψει στο φυτό να θεραπεύσει εύκολα την πληγή. Αν περάσει αρκετός χρόνος, ο πλάγιος βλαστός θα γίνει πολύ δύσκολο να σπάσει και θα πρέπει να κοπεί με ψαλίδι κλαδέματος.

Ο δεύτερος τρόπος κλαδέματος της τομάτας θεωρείται πιο δύσκολος. Με αυτή τη μέθοδο δεν αφαιρείται ο πλάγιος βλαστός μόλις σχηματιστεί, αλλά μέχρι να έχουν σχηματιστεί 2-3 ζεύγη φύλλων. Στη συνέχεια, πιέζεται το στέλεχος ακριβώς πάνω από το πρώτο ζεύγος των φύλλων και όχι στη βάση του στελέχους. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι δίνετε στο φυτό λίγα περισσότερα φύλλα για την παραγωγή σακχάρου που είναι απαραίτητη για την σωστή αναπτυξή του. Το μειονέκτημα είναι ότι οι νέοι πλάγιοι βλαστοί τελικά θα σχηματιστούν στο νέο στέλεχος και αυτοί θα αφαιρεθούν αργότερα στο κλάδεμα.

β) Αραιώμα καρπών.

Το αραιώμα των καρπών επιτυγχάνεται με την αφαίρεση είτε μέρους της ταξιανθίας είτε ορισμένων νεαρών, άωρων καρπών αμέσως μετά τον σχηματισμό τους. Αποσκοπεί δε στον έλεγχο του συνολικού φορτίου καρποφορίας, το οποίο δεν θα πρέπει να είναι υπερβολικό, διαφορετικά το μέγεθος των συγκομιζόμενων καρπών μπορεί να μειωθεί σοβαρά, με συνέπεια να υποβαθμίζεται η ποιότητα τους. Εκτός από την επίδραση στην ποιότητα, η υπερβολική καρποφορία σε ένα δεδομένο στάδιο της καλλιέργειας μπορεί να δράσει ανασχετικά και στην βλαστική ανάπτυξη του φυτού. Η συνέπεια θα είναι να ελαττωθεί ο ρυθμός παραγωγής νέων ανθέων και να είναι φτωχή η καρπόδεση, με τελικό αποτέλεσμα την μείωση της παραγωγής.

Ο έλεγχος της καρποφορίας μπορεί να γίνει στο στάδιο του άνθους με αποκοπή και απομάκρυνση του ακραίου μέρους της ταξιανθίας. Συνήθως όμως το αραιώμα του φορτίου καρποφορίας γίνεται όχι στο στάδιο του άνθους αλλά αργότερα, μετά την καρπόδεση, με αφαίρεση μέρους των νεαρών καρπών όταν ο αριθμός που φέρει το φυτό ξεπερνάει τις δυνατότητές του. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η άσκοπη εργασία της αφαίρεσης εκείνων των ανθέων, τα οποία ούτως ή άλλως δεν θα εξελισσόταν σε καρπό. Εκτός αυτού το αραιώμα στο στάδιο του νεαρού καρπού δίνει την δυνατότητα επιλογής των καρπών που θα διατηρηθούν για παραγωγή και απόρριψης των κακοσχηματισμένων και γενικά αυτών που φαίνεται ότι θα εξελιχθούν σε ώριμους καρπούς κακής ποιότητας. (Καπουράνη 2002)

6.6 Εδαφοκληματολογικές απαιτήσεις

«Η τομάτα για να μπορέσει να καλλιεργηθεί αποτελεσματικά απαιτεί ένα σχετικά ψυχρό και ξερό κλίμα για καλή ποιότητα και υψηλές αποδόσεις. Η καταλληλότερη θερμοκρασία για τις περισσότερες ποικιλίες κυμαίνεται από 21 έως 24 °C. Αν επικρατήσουν υψηλότερες ή χαμηλότερες θερμοκρασίες κατά την διάρκεια της ανθοφορίας θα έχει ως αποτέλεσμα να είναι η επικονίαση σε χαμηλά επίπεδα και συνεπώς και ο σχηματισμός των φρούτων.

Η τομάτα είναι ευαίσθητη στην παγωνιά. Προκειμένου να αποφύγουμε ζημιές από τον παγετό η καλύτερη λύση είναι να γίνει η σπορά της τομάτας αφότου περάσει ο χειμώνας.

Γενικότερα η τομάτα έχει υψηλές απαιτήσεις σε νερό και όταν υπάρχει έλλειψη νερού για παρατεταμένες ξηρές περιόδους, μπορεί να οδηγήσουν στην απώλεια των ανθέων καθώς και στο σχίσσιμο των καρπών. Ωστόσο, αν η υγρασία είναι σε υψηλά επίπεδα ή δυνατές βροχές, τότε υπάρχει πιθανότητα να αναπτυχθούν μύκητες και σάπισμα των φρούτων. Ωστόσο όμως διάφορες σποροπαραγωγικές εταιρίες έχουν δημιουργήσει ποικιλίες για διάφορα κλίματα.

Τα καταλληλότερα εδάφη για την σωστή ανάπτυξη της τομάτας είναι αυτά που είναι πλούσια σε θρεπτικά συστατικά και έχουν την ικανότητα να συγκρατούν την υγρασία, επίσης να υπάρχει καλός αερισμός και χαμηλή αλατότητα. Η τομάτα προτιμά τα βαθιά εδάφη, καλώς αποστραγγιζόμενα δηλαδή αμμοαργιλώδη εδάφη. Οι ρίζες αναπτύσσονται σε βάθος 15 έως 20 εκατοστά με ιδανικό pH 5,5-6,8. Η προσθήκη οργανικής ουσίας είναι επιθυμητή για καλή ανάπτυξη, τα εδάφη όμως που περιέχουν υψηλή ποσότητα οργανικής ουσίας όπως τα αργιλώδη εδάφη είναι λιγότερο επιθυμητά, λόγω των τροφωπενιών που παρουσιάζονται καθώς και την μεγάλη συγκράτηση νερού.» (Κουτρούλη, 2013)

6.7 Ασθένειες τομάτας

Υπάρχουν πολλοί εχθροί και ασθένειες που μπορούν να προσβάλουν το φυτό της τομάτας. Οι κυριότεροι εχθροί και ασθένειες είναι ο αλευρώδης (*Trialeurodes vaporariorum*), ο φυλλορίκτης (*Lytiomyza Solani*), ο τετράνυχος (*Tetranychus urticae*) ο θρίπας, (*Thrips tabaki*) κ.α.

Απο τις ασθένειες σημαντικά προβλήματα προκαλούν η σεπτόρια, (*Septoria lycopersici*) η αλτερνάρια (*Alternaria solani*), η ανθράκνωση (*Colletotrichum coccodes*), το βερτισίλλιο (*Verticillium albo-atrum* και *Verticillium dahlia*), ο περονόσπορος (*Phytophthora infestans*), και η βακτηριακή κηλίδωση (*Xanthomonas campestris* pv. *Vesicatoria*).

Η αντιμετώπιση των εχθρών και ασθενειών πρέπει να γίνεται με την χρήση κατάλληλων καλλιεργητικών, βιολογικών και χημικών μεθόδων. Στην συνέχεια αναφέρονται αναλυτικά οι εχθροί και οι ασθένειες της τομάτας. (Παπαχατζής & Καλορίζου 2011)

Αλευρώδης

Ο αλευρώδης είναι έντομο μικρού μεγέθους με σώμα κίτρινου χρώματος (Εικόνα 11.) και λευκές πτέρυγες. Υπάρχουν δυο είδη αλευρώδη που προσβάλλουν την τομάτα, ο αλευρώδης θερμοκηπίου και ο αλευρώδης του καπνού. Οι εκκρίσεις των προνύμφων έχουν ως αποτέλεσμα να κολλάνε πάνω στα φυτά. Η ανάπτυξη των φυτών καθυστερεί σημαντικά και οι καρποί λερώνονται. Επίσης ένα σημαντικό πρόβλημα των αλευρωδών είναι ότι είναι φορείς ιώσεων. Η καταπολέμηση του μπορεί να γίνει με την εφαρμογή καλλιεργητικών, χημικών αλλά και βιολογικών μέτρων με εξαπόλυση βιοπαραγόντων.



Εικόνα 11. Αλευρώδης εχθρός τομάτας (Πηγή: http://fytologion.blogspot.com/p/blog-page_11.html)

Φυλλορίκτης

Ο φυλλορίκτης είναι έντομο χρώματος καφέ. (Εικόνα 12.) Είναι ένας αρκετά επικίνδυνος εχθρός της τομάτας τα τελευταία χρόνια στην χώρα μας. Η προσβολή της τομάτας από φυλλορίκτη μπορεί να καταστρέψει ολόκληρο το φυτό. Εκτός από την τομάτα τα φυτά που προσβάλλει είναι η μελιτζάνα, η πατάτα και η πιπεριά. Η καταπολέμηση του αντιμετωπίζεται με τους παρακάτω τρόπους:

- Καταστροφή υπολειμμάτων από προηγούμενες καλλιέργειες τομάτας
- Αποφυγή νέων φυτεύσεων τομάτας δίπλα σε καλλιέργεια με προσβεβλημένα φυτά τομάτας, μελιτζάνας, πιπεριάς, και πατάτας.
- Χρήση υγιές πολλαπλασιαστικού υλικού τομάτας από τα φυτώρια

- Ψεκασμός με βιολογικό σκεύασμα βακίλου Θουριγγίας
- Ψεκασμός με ζεόλιθο



Εικόνα 12. Φυλλορίκτης εχθρός τομάτας (Πηγή:<http://fytologion.blogspot.com/p/blog-page-11.html>)

Τετράνυχος

Ο Τετράνυχος (Εικόνα 13.) είναι ένας σημαντικός εχθρός της τομάτας. Υπάρχουν δυο είδη τετρανύχων που προσβάλλουν την τομάτα. Είναι ο *tetranychus urticae* και ο *tetranychus turketsani*. Η ωοτοκία τους ξεκινά μόλις η θερμοκρασία είναι πάνω από 12 βαθμούς κελσίου, η δημιουργία των αποικιών τους πραγματοποιείται στην κάτω επιφάνεια των φύλλων. Η ζημιά που προκαλούν είναι η μείωση ανάπτυξης και παραγωγής του φυτού, ενώ η προσβολή από τον συγκεκριμένο εχθρό προκαλεί ολική καταστροφή της καλλιέργειας. Η αντιμετώπιση του τετρανύχου θεωρείται αρκετά δύσκολη σε όλες τις καλλιέργειες που προσβάλει. Οι πιο σοβαρές ζημιές παρατηρούνται στις καλλιέργειες θερμοκηπίου και στις καλλιέργειες της υπαίθρου όπως στα λάχανα, στα καλλωπιστικά φυτά και ανθοκομικά είδη, ενώ η αντιμετώπιση του σε αυτές είναι εξαιρετικά δαπανηρή και δύσκολη.

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος καταπολέμησης του τετράνυχου που εφαρμόζεται από γεωργούς είναι η χημική, όπου γίνεται χρήση εντομοκτόνων και ακαρεοκτόνων ουσιών, ενώ στις καλλιέργειες θερμοκηπίου γίνεται και χρήση ωφέλιμων οργανισμών (φυσικών εχθρών, μικροοργανισμών κ.ά.) Σε αυτόν τον οδηγό προτείνονται ορισμένα προϊόντα τα οποία κάποια από αυτά αναφέρονται παρακάτω:

- Κίτρινες παγίδες
- Θειάφισμα
- Aliosan

- Aliozan grow
- Θερινός πολτός

Ιδιοσκευάσματα

- Πράσινο τσάι
- καπνός



Εικόνα 13. Τετράνυχος εχθρός τομάτας (Πηγή: http://fytologion.blogspot.com/p/blog-page_11.html)

Θρίπας

Ο θρίπας είναι έντομο (Εικόνα 14.) που προσβάλλει την τομάτα. Υπάρχουν δυο είδη θρίπας, ο θρίπας του καπνού και ο θρίπας της Καλιφόρνιας. Τα συγκεκριμένα είδη προκαλούν υποβάθμιση στην παραγωγή των φυτών. Τα έντομα αφήνουν τα αυγά τους σε όλα τα μαλακά μέρη του υπέργειου τμήματος του φυτού, ενώ οι προνύμφες μένουν ακίνητες και μυζούν τους χυμούς. Στα σημεία τα οποία έχουν προσβληθεί δημιουργείται μια γκριζα κηλίδα. Η καταπολέμηση του αντιμετωπίζεται με ψεκασμούς από διάφορα σκευάσματα.



Εικόνα 14. Θρίπας εχθρός τομάτας (Πηγή:<https://www.ellinikigeorgia.gr/emfanisi-peronosporou-thripa-kolokuthia/>)

Σεπτόρια

Η Σεπτόρια είναι ασθένεια διαδεδομένη σ' όλες τις περιοχές του κόσμου όπου καλλιεργείται η τομάτα και είναι γνωστή κυρίως ως κηλίδωση των φύλλων (Εικόνα 15.) Η ασθένεια διαπιστώθηκε για πρώτη φορά στην Αργεντινή το 1882 και από τότε αναφέρθηκε σε πολλές χώρες της Αμερικής και της Ευρώπης όπου κατά καιρούς έχει προκαλέσει πολύ σοβαρές επιδημίες και μεγάλη μείωση της παραγωγής λόγω της έντονης φιλλόπτωσης των φυτών και των ηλιοκαυμάτων στους καρπούς. Στην Ελλάδα δεν προκαλεί συνήθως σημαντικές ζημιές. (Κουτρούλη, 2013).



Εικόνα 15 . Συμπτώματα από σεπτόρια στην τομάτα (Πηγή:<https://share24.gr/anagnoriste-tis-asthenies-tis-ntomatas-ke-antimetopiste-tes-viologiko-tropo/>)

Αλτερνάρια

Οι μολύνσεις αυτής της ασθένειας (Εικόνα 16.) πραγματοποιούνται κυρίως με βροχερό καιρό, με την παρουσία ελεύθερης υγρασίας στα φυτά και με υψηλές σχετικά θερμοκρασίες. Τα συμπτώματα που προκαλεί αυτή η ασθένεια είναι η δημιουργία έλκων στη βάση των στελεχών που μπορεί να το περιβάλουν ολόκληρο το φυτό με αποτέλεσμα την ξήρανση του.



Εικόνα 16. Συμπτώματα από αλτερνάρια στην τομάτα
(Πηγή:http://fytologion.blogspot.com/p/blog-page_11.html)

Ανθράκωση

Το παθογόνο που προκαλεί την ανθράκωση είναι το *Colletotrichum coccodes*. Αυτός είναι ένας εδαφογενής μύκητας που εμφανίζεται σε όλα σχεδόν τα εδάφη της Ευρώπης, κυρίως όταν έχει θερμό καιρό. Είναι μια ασθένεια που εκτός από την τομάτα προσβάλλει την φασολιά, το μαρούλι και την πατάτα. Η ασθένεια αυτή δεν μολύνει ποτέ τα φύλλα του φυτού αλλά την ρίζα και τον καρπό. Οι ρίζες παίρνουν χρώμα ανοιχτό καστανό με μαύρα μικρά στίγματα. Στους καρπούς εμφανίζονται κυκλικές κηλίδες με ανοιχτό μαύρο χρώμα όπως βλέπουμε στην εικόνα 17. Η ασθένεια αυτή εκδηλώνεται με απότομο μααρασμό του φυτού λίγο πριν ωριμάσουν οι πρώτοι καρποί. Η καταπολέμηση της γίνεται με τους παρακάτω τρόπους:

- Η αντιμετώπιση της εστιάζεται κυρίως σε καλλιεργητικά μέτρα
- Αποφυγή πλήρης αποστείρωσης του εδάφους
- Αποφυγή φύτευσης σε ψυχρό έδαφος

- Να αποφεύγεται η άρδευση με κρύο νερό
- Άμεση απομάκρυνση των ύποπτων φυτών



Εικόνα 17. Ανθράκωση ασθένεια τομάτας (Πηγή: http://fytologion.blogspot.com/p/blog-page_11.html)

Βερτισίλλιο

Το βερτισίλλιο είναι μια επικίνδυνη ασθένεια των καλλιεργούμενων φυτών. Βρίσκεται σε όλες τις εύκρατες χώρες του κόσμου. Το είδος με την μεγαλύτερη σπουδαιότητα είναι *V.danicae* το οποίο προσβάλλει πάνω από 200 είδη φυτών λαχανοκομικά, ανθοκομικά, ψυχανθή, δενδρώδη και δασικά. Ο μύκητας αυτός μπορεί να επιβιώσει στο έδαφος για 12-24 χρόνια με την δημιουργία μικροσκληρωτίων. Τα συμπτώματα που εμφανίζονται στο φυτό είναι ο βραδύς μαρασμός όπως επίσης τα φυτά που ασθενούν μπορεί να εμφανίσουν νανισμό. Η αντιμετώπιση του μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους όπως με απομάκρυνση της προηγούμενης καλλιέργειας, καταπολέμηση εντόμων, χρήση ανθεκτικών υβριδίων κ.α. (Ζεμπέκη, 2013)



Εικόνα 18. Βερτισίλλιο ασθένεια τομάτας (Πηγή: http://fytologion.blogspot.com/p/blog-page_11.html)

Περονόσπορος

Ο Περονόσπορος (Εικόνα 19) πιστεύεται ότι προέρχεται από τη Κεντρική Αμερική και εμφανίστηκε σχεδόν ταυτόχρονα στις καλλιέργειες της Ευρώπης και της Βορείου Αμερικής γύρω το 1830. Από το 1844 μέχρι το 1847 εκδηλώθηκαν καταστροφικές επιδημίες του Περονόσπορου σ' ολόκληρη την Ευρώπη και τη Β. Αμερική, και ήταν αυτός υπεύθυνος για το μεγάλο λιμό στην Ιρλανδία το 1845 1846. Από τότε παρατηρούνται σοβαρές επιδημικές εξάρσεις του Περονόσπορου εφ' όσον επικρατούν ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη της ασθένειας. Πρόκειται για πολύ σοβαρή ασθένεια, εξαπλώνεται ταχύτατα σε μεγάλες αποστάσεις και μπορεί, μέσα σε ελάχιστο χρόνο (σε μία ή δύο εβδομάδες) να προκαλέσει καταστροφή της παραγωγής σε ολόκληρες περιοχές. Οι ζημιές κυμαίνονται συχνά από 20-70% της αναμενόμενης παραγωγής.

Σοβαρές ζημιές προκαλούνται επίσης και μετά τη συγκομιδή στους καρπούς της τομάτας τόσο κατά τη διακίνηση των προϊόντων όσο και κατά την αποθήκευση. Είναι ιδιαίτερα σοβαρή ασθένεια για την τομάτα. (Κουτρούλη, 2013).



Εικόνα 19. Περονόσπορος ασθένεια τομάτας (Πηγή: http://fytologion.blogspot.com/p/blog-page_11.html)

Βακτηριακή κηλίδωση

Η βακτηριακή κηλίδωση βρίσκεται στις περισσότερες περιοχές της Ελλάδας όπου καλλιεργείται η τομάτα και η πιπεριά. Τα συμπτώματα που προκαλεί είναι αρκετά εμφανείς όπως βλέπουμε και στην εικόνα 20. Η ασθένεια αυτή προκαλεί στα φύλλα την δημιουργία καστανών νεκρωτικών κηλίδων μικρού μεγέθους και στους μίσχους ακανόνιστες καστανές κηλίδες, αυτές η κηλίδες μπορεί να ενωθούν μεταξύ τους και να δημιουργήσουν μεγάλες νεκρωτικές περιοχές. Επίσης τα φύλλα μπορεί να έχουν σχισμές στις άκρες και κηλίδες παρόμοιες με αυτές των φύλλων. Τα συμπτώματα εμφανίζονται επίσης στον πράσινο καρπό της τομάτας. Για την καταπολέμηση του λαμβάνονται μέτρα που συνιστώνται εναντίον του *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*.



Εικόνα 20. Συμπτώματα από την Βακτηριακή κηλίδωση στην τομάτα (Πηγή: http://fytologion.blogspot.com/p/blog-page_11.html)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΔΗΜΙΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΡΕΣΚΩΝ ΦΡΟΥΤΩΝ ΚΑΙ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ

Στην Αμερική τις δύο τελευταίες δεκαετίες σημειώθηκε μία σημαντική αύξηση της κατανάλωσης των φρέσκων φρούτων και λαχανικών. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στο ότι οι διατροφολόγοι και οι ειδικοί σε θέματα υγείας θέλησαν να αποδείξουν ότι η κατανάλωση των προϊόντων αυτών έως και πέντε γεύματα τη μέρα μπορεί να προστατέψει το καταναλωτικό κοινό της Αμερικής από κάποιες μορφές καρκίνου και να μειώσει τον κίνδυνο καρδιακών παθήσεων. Όπως Αποδείχθηκε η αλλαγή στις συνήθειες του διαιτολογίου αντιπροσωπεύει σήμερα μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις στη δημόσια υγεία. Οι αρμόδιοι σε θέματα υγείας εντόπισαν και τεκμηρίωσαν τη σημαντική αύξηση επιδημιών που είχαν άμεση σχέση με τη ραγδαία αύξηση της κατανάλωσης των φρέσκων φρούτων και λαχανικών.

Σύμφωνα με τους επιστήμονες των κέντρων ελέγχου και πρόληψης ασθενειών, ανάμεσα στις περιόδους 1973 έως 1987 και 1988 έως 1992 ο αριθμός των τροφικών δηλητηριάσεων διπλασιαζόταν χρόνο με το χρόνο. Σημαντική αύξηση του αριθμού των επιδημιών από τροφικές ασθένειες παρατηρήθηκε Επίσης το 1995. Οι επιδημίες συνδέθηκαν με τα βακτήρια σαλμονέλα εντερικά ορότυπος radford σε μη παστεριωμένο χυμό πορτοκαλιού σιγκέλλα σε μαρούλι, κρεμμυδάκι φρέσκο, κρεμμύδι ξερό και πράσο *Escherichia coli* 0-1 57η 7 σε ορισμένες ποικιλίες μαρουλιού καθώς και με τον ιό ηπατίτιδας Α σε ντομάτες και τεμαχισμένες και κατεψυγμένες φράουλες. Έδειξαν ακόμη ότι το κρυπτοσπορίδιο συνδέεται με μη παστεριωμένο χυμό Μήλου και το ciclosporin με βατόμουρα, μαρούλι, βασιλικό καθώς και με προϊόντα που περιείχαν βασιλικό.

Η παρουσία πολυάριθμων γενεών βακτηρίων αλλοίωσης, ζυμών και καλουπιών και περιστασιακού παθογόνου παράγοντα σε φρέσκα προϊόντα έχει αναγνωριστεί εδώ και πολλά χρόνια. Αρκετά κρούσματα γαστρεντερίτιδας από τον άνθρωπο έχουν συνδεθεί με την κατανάλωση μολυσμένων φρέσκων λαχανικών και σε μικρότερο βαθμό, με φρούτα. Σαλάτες που περιέχουν ωμά λαχανικά έχουν προκαλέσει πολλές φορές κρούσματα διάρροιας στους ανθρώπους, μια ασθένεια που αρκετές φορές αντιμετωπίζουν οι επισκέπτες των αναπτυσσόμενων χωρών. Η εντεροτοξigenής *Escherichia coli* είναι η πιο κοινή αιτία αυτής της ασθένειας. *E. Coli*, και συγκεκριμένα ο ορότυπος O157: H7, έχει εμπλακεί ως ο αιτιολογικός παράγοντας σε ένα ξέσπασμα γαστρεντερίτιδας που προκύπτει από την κατανάλωση ωμών λαχανικών. Οι μολύνσεις από σαλμονέλα στους ανθρώπους οφείλονται στην κατανάλωση μολυσμένων τοματών, φασολιών, πεπονιών και καρπουζιών. Επίσης πρόσφατα έχει αναφερθεί στις Ηνωμένες Πολιτείες ένα κρούσμα γαστρεντερίτιδας από *Shigella flexneri* που σχετίζεται με κρεμμύδια. Οι εστίες της ανθρώπινης λιστερίωσης έχουν επιδημιολογικά συνδεθεί με την κατανάλωση φρέσκου λάχανου και μαρουλιού. Έχει τεκμηριωθεί η γαστρεντερική ασθένεια που προκαλείται από την κατανάλωση βλαστών βρώσιμων σπόρων λαχανικών που έχουν μολυνθεί από *Bacillus*

cereus . Οι ιοί δεν είναι πιθανό να αναπτυχθούν σε μολυσμένα λαχανικά και φρούτα αλλά μπορούν να επιβιώσουν αρκετά και να προκαλέσουν απειλητική για τη ζωή στους ανθρώπους. Η αυξημένη κατά κεφαλήν κατανάλωση φρέσκων και ελαφρά μεταποιημένων προϊόντων στις Ηνωμένες Πολιτείες και σε άλλες χώρες, σε συνδυασμό με την αύξηση της εισαγωγής προϊόντων στις χώρες αυτές από περιοχές όπου ενδέχεται να υπονομευθούν τα πρότυπα για την καλλιέργεια και τη διακίνηση προϊόντων, έχει προκαλέσει αυξημένο ενδιαφέρον για εστίες της ανθρώπινης γαστρεντερίτιδας που μπορεί να αποδοθεί σε μολυσμένα φρέσκα προϊόντα, ιδιαίτερα λαχανικά σαλάτας. Ομοίως, οι μέθοδοι χειρισμού, επεξεργασίας, συσκευασίας και διανομής νωπών προϊόντων σε περιφερειακό ή τοπικό επίπεδο εντός των χωρών λαμβάνουν προσοχή όσον αφορά τον εντοπισμό και τον έλεγχο των μικροβιολογικών κινδύνων. Οι αναλύσεις κινδύνου κρίσιμων σημείων ελέγχου (HACCP) αναπτύσσονται σε μια προσπάθεια να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος ασθένειας που συνδέεται με την κατανάλωση φρέσκων προϊόντων.

Πολλά είναι τα ερωτήματα για τον τρόπο με τον οποίο μεταφέρονται μικροοργανισμοί στα φρούτα και τα λαχανικά και για τους φορείς που εμπλέκονται σε αυτή τη διαδικασία. Κάθε φρούτο και λαχανικό έχει έναν μοναδικό συνδυασμό συστατικών και φυσικών χαρακτηριστικών πρακτικών καλλιέργειας και συγκομιδής τεχνικών συντήρησης με ψύξη και άριστες θερμοκρασίες αποθήκευσης. Τα φρούτα τα οποία είναι σαρκώδη όπως είναι για παράδειγμα οι φράουλες και τα βατόμουρα διακρίνονται από μεγάλη ευπάθεια και φθαρτότητα και για το λόγο αυτό δεν πλένονται μετά τη συγκομιδή. Οι τομάτες συλλέγονται συνήθως σε πρόωρο στάδιο όταν είναι ακόμη πράσινες και πλένονται με άφθονο νερό στο χώρο στο οποίο είναι το χωράφι. Τα μήλα έχουν πιο ευαίσθητη επιδερμίδα και έχουν πιο ευπαθή υφή από τα εσπεριδοειδή η επιδερμίδα των οποίων η σκληρή και τραχιά. Όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη κατά την εξέταση των πιθανών μικροβιολογικών κινδύνων και των ελέγχων αυτών.

7.1 Παθογόνα που εμπλέκονται επιδημιολογικά με τις ασθένειες που σχετίζονται με την τομάτα

Τα παθογόνα που σχετίζονται με τις τομάτες συνδέθηκαν κατά κύριο λόγο με τις σαλμονέλλες, ακολουθούμενες από τον ιό Norovirus και τον ιό της ηπατίτιδας Α. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, μία μόνη ασθένεια, η οποία αφορά τη σιβέλλωση και την καμπυλοβακτηρίωση, έχει συσχετιστεί με μολυσμένες τομάτες. Την περασμένη δεκαετία σημειώθηκε ραγδαία αύξηση του μεριδίου αγοράς για τις τομάτες που καλλιεργούνται με βιολογικές πρακτικές. Η χρήση ζωικής κοπριάς και φυτικών υπολειμμάτων στην παραγωγή οργανικών προϊόντων δημιούργησε ανησυχίες σχετικά με αυξημένη πιθανότητα μόλυνσης με εντερικά παθογόνα, ιδιαίτερα με *E. coli* O157:H7. Σε αντίθεση με τα παθογόνα στελέχη του *E. Coli*, υπάρχουν πολλά στελέχη αυτού

του βακτηριδίου που είναι ακίνδυνα, αυτά τα αβλαβή στελέχη κατοικούν στο παχύ έντερο ανθρώπων και ζώων και ρίχνονται στο περιβάλλον με περιττώματα. Αν παθογόνοι οργανισμοί είναι επίσης παρόντες, ρίχνονται μαζί με την αβλαβή γενική *E. coli*. Ως εκ τούτου, το *E. Coli* θεωρείται ο καλύτερος διαθέσιμος δείκτης για τη μόλυνση των προϊόντων από κοπριά και τα επίπεδα του χρησιμοποιούνται για να εκτιμηθεί η τήρηση ορθών γεωργικών πρακτικών. Τελικά υψηλός αριθμός *E. coli* στις τομάτες μπορεί να οδηγήσει σε ανεπαρκή αγροτική γεωργική πρακτική ή και έλλειψη καθαριότητας και κατάλληλες συνθήκες υγιεινής κατά την παραγωγή, συσκευασία ή και αποθήκευση.

Λαμβάνοντας υπόψη όλους αυτούς τους παράγοντες, οι τομάτες έχουν επιλεγεί για αυξημένη παρακολούθηση στο FSAP με γενικό στόχο τη συγκέντρωση βασικών πληροφοριών σχετικά με την εμφάνιση βακτηριακών παθογόνων και βακτηρίων ως δείκτη (*E. coli*) στις τομάτες που διατίθενται στους καναδούς στο λιανικό εμπόριο. Αυτή η στοχευμένη έρευνα σχεδιάστηκε για να συγκεντρώσει πληροφορίες σχετικά με την παρουσία και τη διανομή ορισμένων βακτηριακών παθογόνων που προκαλούν ανησυχία:

- *Salmonella spp.* και *Shigella spp.* σε τομάτες,
- *E. Coli O157: H7* και *E. Coli O157: NM* σε οργανικές τομάτες και
- η παρουσία, η κατανομή και τα επίπεδα των βακτηρίων, γενικής χρήσης *E. coli*, στις τομάτες.

7.2 Νομοθεσία 2073/2005 για λαχανικά και φρούτα

Τα Νωπά Οπωρολαχανικά πρέπει να είναι «Α» Κατηγορίας και να ανταποκρίνονται στις προδιαγραφές εμπορίας της κατηγορίας αυτής, όπως καθορίζονται από τις προδιαγραφές του Κ.Τ.Π (Άρθρο 119), των ισχυόντων Κανονισμών και Διατάξεων (ΦΕΚ 52 της 28/1/94 περί ποιοτικού ελέγχου νωπών οπωρολαχανικών), Κανονισμό 2200/96 και 1148/01 ΚΥΑ 257543/31.07.03, ΦΕΚ 1122/08/08/03 περί υποχρεωτικής τυποποίησης (συσκευασίας και επισήμανσης) των νωπών φρούτων και λαχανικών που εισάγονται, εξάγονται, διακινούνται ή πωλούνται στις πάσης φύσεως αγορές και καταστήματα των χωρών της Ε.Ε, τις ισχύουσες Αγορανομικές Διατάξεις (Αγορανομική Διάταξη 14/89 Άρθρο 3 και Άρθρο 67β) περί λήψης ειδικών μέτρων που αφορούν τα νωπά οπωρολαχανικά εγχώριας παραγωγής, κατά την εμπορία και διακίνησή τους από τη βάση παραγωγής μέχρι την τελική κατανάλωσή τους, να πληρούν τις απαιτήσεις των Κανονισμών [Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 543/2011 της Επιτροπής της 7ης Ιουνίου 2011 για τη θέσπιση λεπτομερών κανόνων εφαρμογής, του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1234/2007 του Συμβουλίου όσον αφορά τους τομείς των οπωροκηπευτικών και των μεταποιημένων οπωροκηπευτικών, του Κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1580/2007 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 21ης Δεκεμβρίου 2007 για τη θέσπιση κανόνων εφαρμογής των κανονισμών (ΕΚ) αριθ.

2200/96, (ΕΚ) αριθ. 2201/96 και (ΕΚ) αριθ. 1182/2007 του Συμβουλίου στον τομέα των οπωροκηπευτικών].

Μικροβιολογικές απαιτήσεις για τα τρόφιμα

(ΕΚ) Αριθμ. 2073/2005 της Επιτροπής της 15ης Νοεμβρίου 2005 περί μικροβιολογικών κριτηρίων γενικά για τα τρόφιμα:

1. *E. Coli* ≤ 10/ gr.
2. *Salmonella spp.* απουσία στα 25 gr.
3. *Singella* απουσία στα 25 gr.
4. *E. Coli 0157:H 7* απουσία στα 25 gr.

Στον πίνακα 5 φαίνονται αναλυτικότερα τα μικροβιολογικά κριτήρια για τα φρούτα και τα λαχανικά.

Πίνακας 5. Μικροβιολογικά κριτήρια για τα τρόφιμα.

Κατηγορία τροφίμων	Μικροοργανισμοί	Πλάνο δειγματοληψίας				Αναλυτική μέθοδος αναφοράς	Στάδιο στο οποίο εφαρμόζεται το κριτήριο	Μέτρα σε περίπτωση μη ικανοποιητικών αποτελεσμάτων
		n	c	m	M			
Κομμένα φρούτα και λαχανικά (έτοιμα προς κατανάλωση)	<i>E.coli</i>	5	2	100 cfu/g	1 000 cfu/g	ISO 16649-1 ή 2	Διαδικασία παρασκευής	Βελτιώσεις στην υγιεινή της παραγωγής και στην επιλογή των πρώτων υλών
Μη παστεριωμένοι χυμοί φρούτων και λαχανικών (έτοιμα προς κατανάλωση)	<i>E.coli</i>	5	2	100 cfu/g	1000 cfu/g	ISO 16649-1 ή 2	Διαδικασία παρασκευής	Βελτιώσεις στην υγιεινή της παραγωγής και στην επιλογή των πρώτων υλών

Ερμηνεία των αποτελεσμάτων των δοκιμών

- Τα καθοριζόμενα όρια αναφέρονται σε κάθε μονάδα του δείγματος που υποβάλλεται σε έλεγχο.
- Τα αποτελέσματα των δοκιμών αποδεικνύουν τη μικροβιολογική ποιότητα της ελεγχθείσας διαδικασίας.

E. coli σε κομμένα φρούτα και λαχανικά (έτοιμα για κατανάλωση) και σε μη παστεριωμένους χυμούς φρούτων και λαχανικών (έτοιμους για κατανάλωση):

- Ικανοποιητική, εάν όλες οι τιμές που παρατηρούνται είναι $\leq m$,
- Αποδεκτή, εάν ένας μέγιστος αριθμός τιμών c/n είναι μεταξύ m και M και οι υπόλοιπες τιμές που παρατηρούνται είναι $\leq m$,
- Μη ικανοποιητική, εάν μία ή περισσότερες από τις τιμές που παρατηρούνται είναι $> M$ ή αριθμός τιμών μεγαλύτερος από c/n είναι μεταξύ m και M .

7.3 Νομοθεσία για τις τομάτες

Οι τομάτες πρέπει να είναι του εμπορικού τύπου "στρογγυλές" νωπές, να μην έχουν σαπίσει ή υποστεί άλλες αλλοιώσεις τέτοιες που να τις καθιστούν ακατάλληλες για κατανάλωση, να είναι επαρκώς συνεκτικές, απαλλαγμένες από μη επουλωμένα σπασίματα και από εμφανείς πράσινους χρωματισμούς στη ζώνη που βρίσκεται στη βάση του ποδίσκου. Οι τομάτες πρέπει να είναι ολόκληρες, ακέραιες, υγιείς, απαλλαγμένες από προσβολές ζωικών παρασίτων, τρωκτικών, εντόμων και ασθενειών, καλά σχηματισμένες, με επαρκή ανάπτυξη, περιποιημένες, καθαρές (κυρίως απαλλαγμένες από κατάλοιπα λιπασμάτων ή φυτοφαρμάκων, χρώματα, προϊόντα επεξεργασίας και κάθε άλλο ξένο σώμα), χωρίς εξωτερική ασυνήθιστη υγρασία, αλλοιώσεις από παγετό ή και ήλιο και χωρίς ίχνη μούχλας, μώλωπες ή άλλες ζημιές, απαλλαγμένες από κάθε ξένη γεύση ή και οσμή. Γενικά, πρέπει να είναι καλής ποιότητας. Ο καρπός, να είναι σφαιρικός ή μακρόστενος, εδώδιμος, ώριμος ζουμερός και να έχει έντονο κόκκινο χρώμα απαλλαγμένος από σκασίματα. Το μέγεθος της διαμέτρου της ισημερινής τομής να είναι 30 – 40 mm Κωδικών 3 και 4, βάρους 150-210 gr ανά τεμάχιο περίπου. Τα προϊόντα πρέπει να παρουσιάζουν ανάπτυξη και κατάσταση τέτοια που να τους επιτρέπει να αντέχουν στη μεταφορά και στη μεταχείριση ώστε να φτάνουν στο προορισμό τους σε ικανοποιητική κατάσταση και να ανταποκρίνονται πλήρως στις εμπορικές απαιτήσεις του τύπου προορισμού. Επιπλέον, απαγορεύεται η τοποθέτηση σφραγίδας ή ετικέτας πάνω στις ίδιες τις τομάτες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^Ο ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

8.2 Τοποθεσία του πειράματος

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε κατά το έτος 2019 στα γεωθερμικά θερμοκήπια του πρώην ΤΕΙ/Θ νυν πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, που είναι τα μοναδικά στην Ελλάδα και ανήκουν διοικητικά στο θεσμοθετημένο εργαστήριο «Δενδροκηπευτικών & Εδαφικών Πόρων, **HORTLAB**», με Διευθυντή του, τον Καθηγητή Δενδροκομίας, Δρ. Αλέξανδρο Παπαχατζή. Σ' αυτά πραγματοποιείται η εκπαίδευση των φοιτητών του τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων της κατεύθυνσης Φυτικής Παραγωγής, που ανήκει στην σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας.

Η λειτουργία τους στηρίζεται στην χρήση «Κλειστών Υδροπονικών» συστημάτων καλλιέργειας (λίπανσης και άρδευσης), ενώ παράλληλα γίνεται εκμετάλλευση των όμβριων υδάτων που συλλέγονται από τις υδρορροές των συγκεκριμένων θερμοκηπίων.



Εικόνα 21. Θερμοκήπιο Γεωθερμίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Campus της Γαϊόπολης.

8.3 Περιγραφή του θερμοκηπίου

Το θερμοκήπιο στο οποίο έγινε η εκτέλεση το πειράματος (Εικόνα 21) αποτελείται από 2 τόξα πλάτους 6m, κατά συνέπεια η επιφάνεια του είναι $(6+6)*18=216m^2$. Παράλληλα υπάρχει και ένας χώρος διαστάσεων 8.5m x 10m (Θάλαμος Γ) που χρησιμοποιείται για την φύλαξη του μηχανολογικού εξοπλισμού της γεωθερμίας και της υδροπονίας. Η διάταξη της κατασκευής γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε ο θάλαμος Α (Εικόνα 22) να λειτουργεί σαν η πρωτότυπη μονάδα, ενώ ο θάλαμος Β (Εικόνα 23) σαν μάρτυρας του οποίου τα δεδομένα να δύναται να είναι συγκρίσιμα με αυτά του πρώτου θαλάμου. Οι δυο θάλαμοι είναι πανομοιότυποι σε διαστάσεις αλλά και σε όλα τα υπόλοιπα συστήματα αερισμού και υλικών κάλυψης ενώ το γεωθερμικό θερμοκήπιο διαθέτει ειδικό μεταλλικό αγωγό που ανακυκλώνει μέρος του αέρα στο περιβάλλον του θερμοκηπίου. Ο σκοπός αυτής της διάταξης είναι να αφυγράνει τον αέρα και να

συλλέγει το νερό που χρησιμοποιείται για το πότισμα των φυτών μέσω του υδροπονικού συστήματος.



Εικόνα 22. Θερμοκήπιο Γεωθερμίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Γαίοπολις (Θάλαμος Α)



Εικόνα 23. Συμβατικό Θερμοκήπιο του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Γαίοπολις (Θάλαμος Β)

8.3.1 Ψύξη-θέρμανση

Οι ενεργειακές ανάγκες του θερμοκηπίου σε ψύξη, θέρμανση αλλά και μετατροπής των υδρατμών σε νερό, καλύπτονται από κλειστό κύκλωμα γεωεναλλακτών που είναι κατασκευασμένα παραπλεύρως των θερμοκηπίων. Η συγκεκριμένη λύση επιλέχθηκε επειδή προσφέρει πολλαπλά πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλες μορφές ενέργειας. Εξωτερικά του θερμοκηπίου, υπάρχει αεραγωγός ορθογώνιας διατομής (Εικόνα 24) διαστάσεων 1m x 1m από χαλύβδινη λαμαρίνα γαλβανισμένη εν θερμώ. Ο συγκεκριμένος αγωγός παραλαμβάνει τον αέρα από το πίσω μέρος του γεωθερμικού θερμοκηπίου στη συνέχεια οδεύει εξωτερικά προς την άλλη άκρη του θερμοκηπίου και πριν την παροχέτευσή του στον προθάλαμο του ίδιου θερμοκηπίου συναντά 2 εναλλάκτες. Υπάρχει ο πρώτος εναλλάκτης θερμότητας που ψύχει τον εξερχόμενο από το θερμοκήπιο αέρα με σκοπό την αφύγρανση του και ο δεύτερος τον επαναθερμαίνει αν απαιτείται. Σε αυτό το σημείο υπάρχει ειδική κατασκευή συλλογής του νερού σε πλαστική δεξαμενή με υποβρύχια αντλία.



Εικόνα 24. Αεραγωγός Απορρόφησης των Υδρατμών, ορθογώνιας διατομής

8.3.2 Υδροπονικό σύστημα

Το παραγόμενο νερό χρησιμοποιείται για το πότισμα του θερμοκηπίου μέσω της κεφαλής υδροπονίας. Το σύστημα πρέπει να μπορεί να αποδίδει 30lt νερού για κάθε ώρα λειτουργίας. Επίσης υπάρχει και το κατάλληλο υδραυλικό δίκτυο που μεταφέρει το

νερό στο σύστημα άρδευσης. Μετά τη γραμμική οριοθέτηση του χώρου όπου κατασκευάστηκαν τα θερμοκήπια, πραγματοποιήθηκε η διάνοιξη ορυγμάτων στα οποία είναι τοποθετημένες δεξαμενές νερού κατασκευασμένες από πολυαιθυλένιο. Η πρώτη δεξαμενή που κατασκευάστηκε βρίσκεται στο σημείο του πάνελ δροσισμού και έχει διαστάσεις 2m x 2m x 2m. Η δεύτερη δεξαμενή είναι κατασκευασμένη παραπλεύρως του αεραγωγού συλλογής νερού από τη συμπύκνωση της υγρασίας του αέρα με διαστάσεις 2m x 2m x 2m. Η τρίτη δεξαμενή, βρίσκεται παραπλεύρως της υδροροής του θερμοκηπίου και συλλέγει τα όμβρια ύδατα, καθώς και την απορροή του νερού που προέρχεται από το υδροπονικό σύστημα που είναι εγκατεστημένο στο θερμοκήπιο. Οι διαστάσεις του ορύγματος είναι 5m x 3m x 3m και περιμετρικά στηρίζεται με τσιμεντόλιθους ενώ στο επάνω μέρος διαθέτει μεταλλική κατασκευή που το καλύπτει. Όλες οι δεξαμενές είναι κατασκευασμένες από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας και διαθέτουν υποβρύχια αντλία. Ανάλογα με τις ανάγκες του θερμοκηπίου για ψύξη, θέρμανση ή πότισμα, το σύστημα αυτόματου ελέγχου επιλέγει την άντληση νερού από την κάθε δεξαμενή αντίστοιχα. Πριν από την είσοδο του αγωγού στο θερμοκήπιο, υπάρχει ο δεύτερος εναλλάκτης θερμότητας όπου θερμαίνει τον ξηρό αέρα και τον μεταβιβάζει στον προθάλαμο του θερμοκηπίου για να εισέλθει στο εσωτερικό του θαλάμου παραγωγής μέσω του πάνελ δροσισμού. Όλο το σύστημα πρέπει να λειτουργεί αυτόματα σε συνδυασμό με τον κεντρικό υπολογιστή διαχείρισης του θερμοκηπίου.

8.3.3 Λίπανση

Στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες, μαζί με κάθε πότισμα διενεργείται και η υδρολίπανση (συνεχής τροφοδότηση). Η συνεχής τροφοδότηση συσχετίζει την παροχή θρεπτικών στοιχείων με την παροχή νερού.

Βασικές αρχές υδρολίπανσης:

- Απαραίτητη προσθήκη N και K.
- Ο P παρέχεται κυρίως μέσω της βασικής λίπανσης.
- Mg & ιχνοστοιχεία: Συνήθως χορηγούνται αν υπάρχει ένδειξη με βάση ανάλυση εδάφους.
- Ca: Μόνο σε όξινα ή αλατούχα (Na) εδάφη.

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την παροχή των λιπασμάτων μέσω του νερού στα φυτά μπορεί να είναι:

- Υδρολιπαντήρες.
- Δοσομετρικές αντλίες.
- Νερό + λιπάσματα = θρεπτικό διάλυμα.

8.3.4 Θρεπτικό διάλυμα

Στα υδροπονικά συστήματα τα θρεπτικά διαλύματα διακρίνονται στο θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας και στο μητρικό διάλυμα. Το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας είναι αυτό που καταλήγει στην ριζόσφαιρα προμηθεύοντας τη με το αναγκαίο νερό και τα θρεπτικά στοιχεία. Το μητρικό διάλυμα είναι ένα διάλυμα που περιέχει τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία σε μεγάλη πυκνότητα (συνήθως 100 φορές πυκνότερα από το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας). Στις υδροπονικές καλλιέργειες χρησιμοποιούνται πάνω από ένα μητρικό διάλυμα, από τα οποία ειδικά μηχανήματα λίπανσης – άρδευσης λαμβάνουν μικρές ποσότητες οι οποίες αραιώνονται κατάλληλα με το νερό της άρδευσης για να δημιουργήσουν το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας.

Όταν πρόκειται για ανοιχτό υδροπονικό σύστημα, το θρεπτικό διάλυμα δεν παρασκευάζεται με την προσθήκη όλων των θρεπτικών στοιχείων στην ίδια δεξαμενή. Επομένως για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος στο μηχανοστάσιο υπάρχουν 3 δεξαμενές (Εικόνα 25) με χωρητικότητα 300 λίτρων η κάθε μία, που περιέχουν μία ομάδα θρεπτικών συστατικών.



Εικόνα 25. Σύστημα παρασκευής του θρεπτικού διαλύματος με αναδευτήρα (αριστερά δοχείο 1, στη μέση δοχείο 2, δεξιά δοχείο 3)

8.4 Περιγραφή της καλλιέργειας

Η καλλιέργεια που καλλιεργείται στο πανεπιστήμιο Θεσσαλίας στα γεωθερμικά θερμοκήπια από την οποία έχει συγκεντρωθεί δείγμα για τις αναλύσεις είναι η ποικιλία **Despinaf1** (Εικόνα 26) η συγκεκριμένη ποικιλία παράγει μεγάλους καρπούς τομάτας με μέσο όρο βάρους 300γρ. Είναι ένα φυτό με μεγάλη παραγωγικότητα και νόστιμο καρπό.

Η καλλιέργεια αυτής της τομάτας απαιτεί pH εδάφους 5,5 με ιδανικό pH 6,0 – 6,8.



Εικόνα 26. Ποικιλία τομάτας Despinaf1

8.5 Υπόστρωμα κοκοφοίνικα

Ο κοκοφοίνικας είναι ένα φυσικό υλικό και από τα βασικότερα είδη υποστρωμάτων που χρησιμοποιούνται στην υδροπονική καλλιέργεια τόσο στις κηπευτικές όσο και στις ανθοκομικές καλλιέργειες. Προέρχεται από τον καρπό της καρύδας και συνεπώς είναι υλικό απαλλαγμένο από ασθένειες. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα στην υδροπονική καλλιέργεια από 5,5 – 6.



Εικόνα 27. Υπόστρωμα κοκοφοίνικα

8.6 Υλικά και εργαστηριακός εξοπλισμός

Στους παρακάτω πίνακες (πίνακας 6,7) γίνεται η καταγραφή των υλικών, διαλυμάτων συσκευών και οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εκπόνηση της πειραματικής διαδικασίας της παρούσας εργασίας.

Πίνακας 6. Καταγραφή υλικών

ΥΛΙΚΑ
Τρυβλία petri διαμέτρου 5 cm
Φίλτρα αποστειρωμένα
Αποστειρωμένες πιπέτες
Αποστειρωμένα ποτήρια ζέσεως
Αποστειρωμένα tips
Θειικός σίδηρος
Θειώδες νάτριο
MRD
Κανστικό νάτριο (NaOH 1 N)

Πίνακας 7. Καταγραφή οργάνων και συσκευών

ΣΥΣΚΕΥΕΣ /ΟΡΓΑΝΑ
Υδατόλουτρο
Συσκευή φίλτρανσης νερών
Κλίβανος επώασης
Φλόγιστρο
Αναδευτήρας
Μετρητής αποικιών
Πεχάμετρο
Αυτόκαυστο

8.7 Καλλιέργεια μικροοργανισμών σε τρυβλία

Για την απομόνωση των βακτηριακών στελεχών των δειγμάτων που συλλέχθηκαν χρησιμοποιήθηκαν τα εξής θρεπτικά υποστρώματα (Εικόνα. 28) τα οποία φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. (πίνακας 8)

Πίνακας 8. Θρεπτικά υποστρώματα μικροοργανισμών

ΔΕΙΚΤΗΣ	ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ
Ολική μικροβιολογική χλωρίδα (OMX)	Yeast extract agar
<i>Cl. Perfrigen</i>	Sulfite iron agar
<i>Enterococci</i>	Slanetz and Bartley medium
<i>E. Coli</i>	Chromogenic Coliform agar (CCA)
<i>Coliforms</i>	Chromogenic Coliform agar (CCA)

* Στο παράρτημα I και II που ακολουθεί στην συνέχεια, γίνεται αναλυτική αναφορά στα πρωτόκολλα των μικροβίων.



Εικόνα 28. Θρεπτικά υποστρώματα των μικροοργανισμών

Αρχικά έγινε ρύθμιση του pH των θρεπτικών υποστρωμάτων με την προσθήκη καυστικού νατρίου (NaOH 1N). Το κατάλληλο pH για τους μικροοργανισμούς στους οποίους έγινε ανάλυση φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. (Πίνακας 9)

Πίνακας 9. Κατάλληλο pH ανάπτυξης των μικροοργανισμών

ΔΕΙΚΤΗΣ	pH
Cl. Perfrigen	7,2 ±0,2
Enterococci	7,6 ±0,2
Μικροβιακή χλωρίδα (OMX)	7,2 ±0,2
E. Coli	6,8 ±0,2
Coliforms	6,8 ±0,2

8.8 Δειγματοληψίες

Οι δειγματοληψίες έλαβαν χώρα στο πανεπιστήμιο Θεσσαλίας από τα γεωθερμικά θερμοκήπια τα οποία η λειτουργία τους στηρίζεται στην χρήση κλειστών «Υδροπονικών» συστημάτων καλλιέργειας (λίπανσης και άρδευσης). Οι δειγματοληψίες έγιναν στα σημεία τα οποία αναφέρονται παρακάτω και σε πέντε διαφορετικές ημερομηνίες: 1^η δειγματοληψία 25 Απριλίου,

2^η δειγματοληψία 3 Μαΐου,

3^η δειγματοληψία 17 Μαΐου,

4^η δειγματοληψία 3 Ιουνίου και

5^η δειγματοληψία 10 Ιουνίου 2019

- Είσοδος από τον σταλάκτη που γίνεται παροχή του θρεπτικού διαλύματος στο φυτό
- Έξοδος από τον σταλάκτη που γίνεται παροχή του θρεπτικού διαλύματος στο φυτό
- Μίσχο τομάτας
- Επιδερμίδα τομάτας



Εικόνα 29. Οι σταλάκτες στο θερμοκήπιο.

Πιο αναλυτικά η διαδικασία των δειγματοληψιών πραγματοποιήθηκε κατά την διάρκεια του έτους 2019. Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες από τα σημεία που αναφέρονται:

Δειγματοληψία εισόδου συστήματος νερού:

Όπως βλέπουμε στην εικόνα 30 συγκεντρώθηκε ένα δείγμα νερού από την είσοδο του σταλάκτη, οι σταλάκτες (εικόνα 29) ήταν τύπου on line και η χρήση τους είναι η παροχή του θρεπτικού διαλύματος στο φυτό. Το δείγμα συλλέχτηκε σε μπουκάλι 500ml.



Εικόνα 30. Δείγμα από τον σταλάκτη εισόδου

Δειγματοληψία έξοδος συστήματος σταλακτών:

Η δεύτερη δειγματοληψία έγινε από τις εξόδους των σταλακτών (Εικόνα 31)



Εικόνα 31. Δείγμα από τον σταλάκτη εξόδου.

Δειγματοληψία φρούτων τομάτας:

Το τρίτο δείγμα όπως βλέπουμε στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 32) ήταν τομάτες που συλλέχθηκαν από διάφορα σημεία του θερμοκηπίου ώστε να υπάρχει καλύτερη συνολική εικόνα όσο αφορά το μικροβιακό φορτίο και τοποθετηθήκαν σε αποστειρωμένα σακουλάκια. (Εικόνα 33)



Εικόνα 32. Δείγμα τομάτας του θερμοκηπίου



Εικόνα 33. Τοποθέτηση δείγματος τομάτας σε αποστειρωμένα σακουλάκια



Εικόνα 34. Δειγματοληψία τομάτας στα γεωθερμικά θερμοκήπια του πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Δειγματοληψία κοτσανιού ντομάτας:

Τελευταίο δείγμα για την ολοκλήρωση των δειγματοληψιών ήταν τα κοτσάνια τομάτας τα οποία συλλέχθηκαν από τις τομάτες του γεωθερμικού θερμοκηπίου όπως φαίνεται στην εικόνα 35, όπου έγινε η αφαίρεση τους, με αποστειρωμένο μαχαίρι.



Εικόνα 35. Δείγμα από μίσχο τομάτας

Στην συνέχεια τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο και έγιναν οι απαραίτητες διαδικασίες. Οι αναφερθείσες δοκιμές μικροβιολογικών παραμέτρων έγιναν στις πέντε διαφορετικές προγραμματισμένες ημερομηνίες. Πιο αναλυτικά το πειραματικό μέρος χωρίζεται σε δυο τμήματα στις μικροβιολογικές αναλύσεις νερού άρδευσης (εισόδου & εξόδου) και στις μικροβιολογικές αναλύσεις μίσχου (κοτσανιού) και επιδερμίδας της ντομάτας οι οποίες αναλύονται στην συνέχεια.

1ο Μικροβιολογικές αναλύσεις νερού άρδευσης

Οι μικροβιολογικές αναλύσεις που έγιναν σε όλα τα δείγματα αφορούσαν τους παρακάτω μικροοργανισμούς:

- Ολική μικροβιολογική χλωρίδα (OMX), σύμφωνα με το ISO 6222
- *E. coli*, *coliforms*, σύμφωνα με το ISO 9308-1.
- *Cl. Perfrigen* επώαση, σύμφωνα με το ISO EN 26461-2
- *Enterococci*, σύμφωνα με το ISO 7899-2

Παρακάτω αναφέρεται σε γενικές γραμμές η περιγραφή της κάθε μεθόδου.

Οι λεπτομέρειες των δοκιμών αναφέρονται με κάθε λεπτομέρεια στο Παράρτημα Ι.

OMX 37°C (ISO 6222:1999)

Για την OMX 37°C & 22°Cπραγματοποιήθηκαν τα παρακάτω βήματα:

- Χρήση Yeast extract agar στα τρυβλία
- Προσθήκη 1 ml δείγματος νερού
- Προσθήκη των δειγμάτων στον κλίβανο επώασης
- Επώαση στους 37°C για δυο ημέρες
- Καταμέτρηση αποικιών

OMX 22°C (ISO 6222:1999)

Για την OMX 22°Cακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα:

- Χρήση Yeast extract agar στα τρυβλία
- 1 ml δείγματος νερού
- Προσθήκη των δειγμάτων στον κλίβανο επώασης
- Επώαση στους 22°C για δυο ημέρες
- Καταμέτρηση αποικιών

Coliforms/E. Coli ((ISO 9308:2000)

Στους συγκεκριμένους μικροοργανισμούς έγινε συγκαλλιέργεια στο ίδιο θρεπτικό υπόστρωμα και ο διαχωρισμός τους έγινε με τον διαφορετικό χρωματισμό της αποικίας (*E.coli* μπλε αποικίες, *Coliforms* κόκκινες αποικίες). Στην μέθοδο αυτή έγιναν τα εξής:

- Κατάλληλο θρεπτικό υπόστρωμα στα τρυβλία και προσθήκη:
 - Δείγμα νερού 100ml πέρασμα από αποστειρωμένα φίλτρα
 - Επώαση δειγμάτων στον κλίβανο στους 37°C
 - Καταμέτρηση αποικιών
 - Αποτελέσματα μεθόδου

Cl. Perfrigen

Για το *Cl. Perfrigen* ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα:

- προσθήκη 4,5 σταγονίδια θειικού σιδηρού, θειώδες νάτριο 100 μl στο θρεπτικό υπόστρωμα και ανάδευση
- Μεταφορά στο τρυβλίο και προσθήκη:

- Δείγμα νερού 100 ml
- Προσθήκη των δειγμάτων στον κλίβανο επώασης
- Επώαση στους 37°C για τρεις ημέρες
- Καταμέτρηση αποικιών

Η τοποθέτηση των τρυβλίων στον επωαστικό κλίβανο στο συγκεκριμένο μικροοργανισμό έγινε με το κάλυμμα προς το δάπεδο, γιατί οι αποικίες μας είναι αναερόβιες (με αυτό τον τρόπο πετυχαίνουμε τις απαιτούμενες συνθήκες).

Εντερόκοκκο (ISO 7899:2000)

Για τον εντερόκοκκο έγιναν τα εξής:

- Δείγμα νερού 100ml
- Προσθήκη των δειγμάτων στον κλίβανο επώασης
- Επώαση στους 37°C για τρεις ημέρες
- Καταμέτρηση αποικιών
- Αποτελέσματα μεθόδου

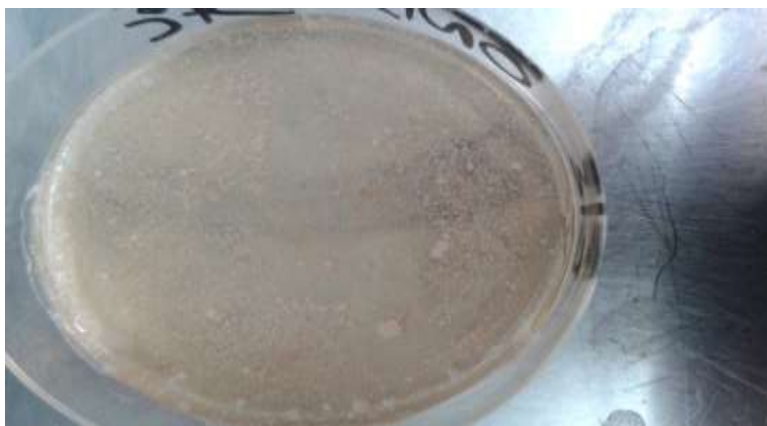
8.9 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται τα αποτελέσματα από τις μικροβιολογικές αναλύσεις του νερού άδρευσης της εισόδου και της εξόδου.

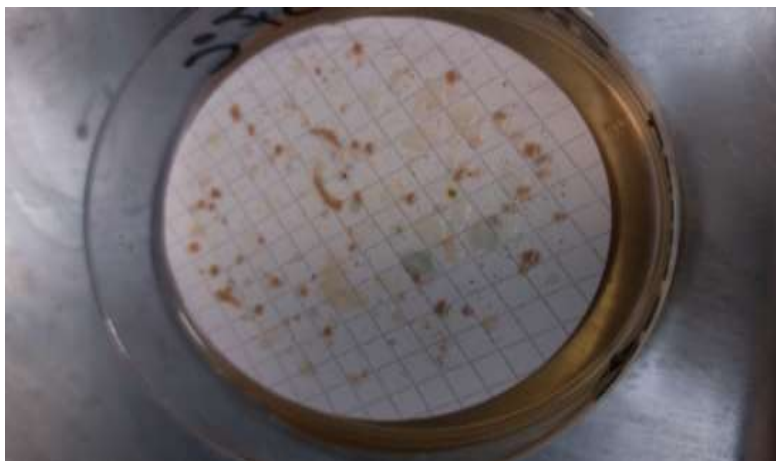
ΕΙΣΟΔΟΣ ΝΕΡΟΥ



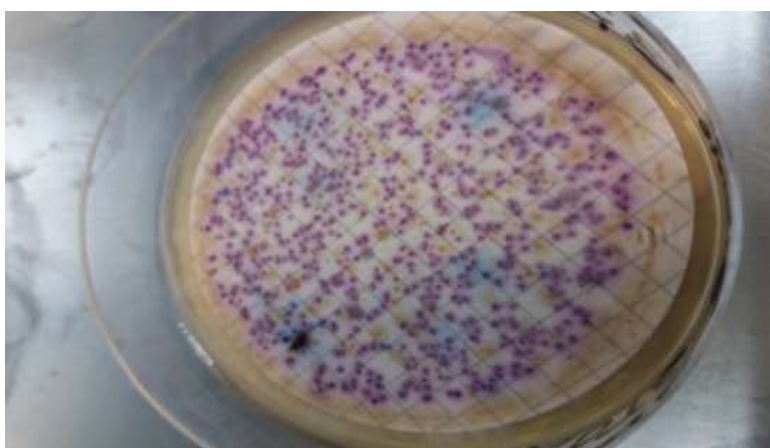
Εικόνα 36. Προσδιορισμός και ανάπτυξη OMX 22°C



Εικόνα 37. Προσδιορισμός και ανάπτυξη OMX 37°C



Εικόνα 38. Προσδιορισμός και ανάπτυξη *Enterococci*



Εικόνα 39. Προσδιορισμός και ανάπτυξη *E. Coli & Coliforms*

ΕΞΟΔΟΣ ΝΕΡΟΥ

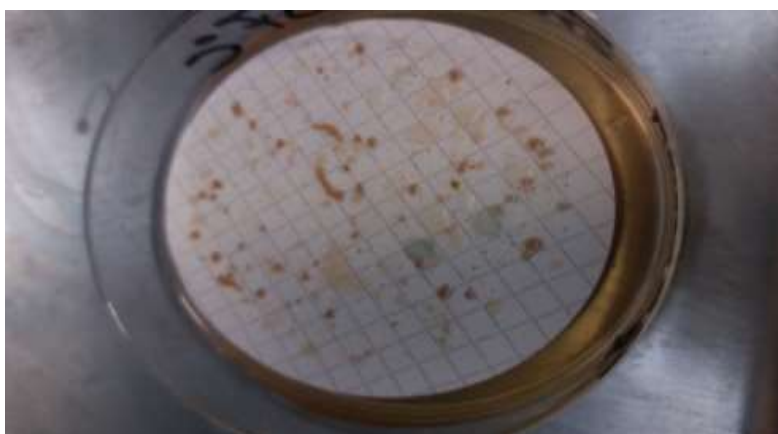
1^ο Μικροβιολογικές αναλύσεις νερού άρδευσης



Εικόνα 40. Προσδιορισμός και ανάπτυξη OMX 22°C



Εικόνα 41. Προσδιορισμός και ανάπτυξη OMX 37°C



Εικόνα 42. Προσδιορισμός και ανάπτυξη *Enterococci*



Εικόνα 43. Προσδιορισμός και ανάπτυξη *E. Coli* & *Coliforms*

Στην συνέχεια έγινε καταγραφή καταμέτρησης των αποικιών οι οποίες φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 10. Αποτελέσματα καταμέτρησης των αποικιών

Είδος ανάλυσης	Είσοδος	Έξοδος
OMX 37°C	1,1X10 ³	1,8X10 ³
OMX 22°C	1,0X10 ³	1,7X10 ³
<i>Coliforms</i>	1,2X10 ³	1,3X10 ³
<i>E. Coli</i>	0,6X10 ³	0,7X10 ³
<i>Enterococci</i>	1,2X10 ¹	2,5X10 ¹
<i>Cl. Perfrigen</i>	Απουσία	Απουσία

Συμπεράσματα για τις αναλύσεις νερού

Ο αριθμός των μικροοργανισμών στη έξοδο φαίνεται να είναι πολύ μεγαλύτερος σε σχέση με αυτόν στην είσοδο.

2^ο Μικροβιολογικές αναλύσεις κοτσανιού και επιδερμίδας της τομάτας

Για το δείγμα της τομάτας και του κοτσανιού αφού συγκεντρώθηκε η κατάλληλη ποσότητα δείγματος τοποθετήθηκαν σε αποστειρωμένα σακουλάκια, στην συνέχεια έγινε μεταφορά του δείγματος σε αποστειρωμένα ποτήρια ζέσεως και αφού έγινε προσθήκη 200 ml MRD τοποθετήθηκαν στον αναδευτήρα για 15 λεπτά. Οι μικροβιολογικές αναλύσεις που έγιναν σε όλα τα δείγματα αφορούσαν τους παρακάτω μικροοργανισμούς:

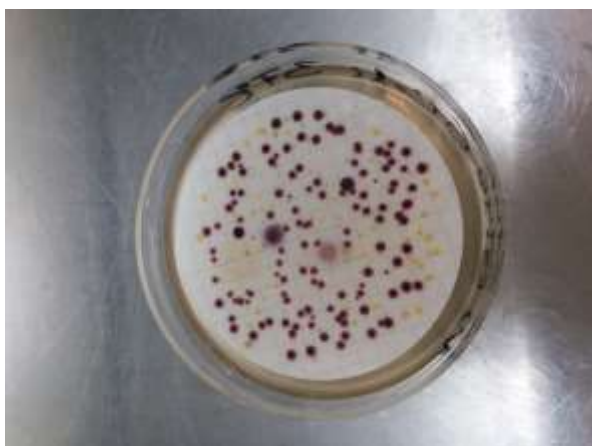
- Ολική μικροβιολογική χλωρίδα επώαση στους 37°C (OMX37) και 22°C (OMX22),
- *E. Coli*, *coliforms* επώαση στους 37 °C.



Εικόνα.44. OMX 37°C κοτσανιού



Εικόνα.45 OMX 22°C κοτσανιού



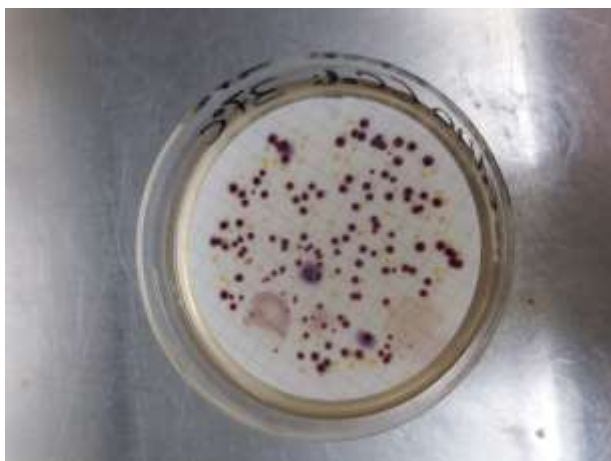
Εικόνα 46. *Coliforms*, (Μίσχος)



Εικόνα 47. OMX 37°C επιδερμίδας



Εικόνα 48. OMX 22°C επιδερμίδας



Εικόνα 49. *Coliforms* Επιδερμίδα

Πίνακας 11. Αποτελέσματα καταμέτρησης των αποικιών

Είδος ανάλυσης	Μίσχου	Επιδερμίδας
OMX 37°C	$1,6 \times 10^2$	$1,4 \times 10^2$
OMX 22°C	$1,2 \times 10^2$	3×10^1
<i>Coliforms</i>	$0,9 \times 10^2$	$0,75 \times 10^2$
<i>E. Coli</i>	Απουσία	Απουσία
<i>Cl. Perfrigen</i>	Απουσία	Απουσία

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τη νομοθεσία της επιτροπής της ΕΚ αριθμός 2073/2005 όλες οι τιμές των *E. Coli* και *Coliforms* στον μίσχο και στην επιδερμίδα της τομάτας είναι κάτω του $m=100cfu$ και στις πέντε δειγματοληψίες. Συνεπώς κρίνεται **Ικανοποιητική**.

Στη παρούσα μελέτη εξετάστηκαν οι μικροβιολογικές μεταβολές αλλοιωγόνων μικροοργανισμών (*E. Coli* και *Coliforms*), στο φυτό τομάτας. Η διερεύνηση της ύπαρξης πληθυσμιακού φορτίου των *E. Coli* και *Coliforms* πραγματοποιήθηκε σε δείγματα επιδερμίδας καρπού τομάτας καθώς και στον μίσχο (κοτσάνι) του καρπού. Σε όλες τις περιπτώσεις δεν εντοπίστηκαν πληθυσμοί του *E. coli*, ενώ οι πληθυσμοί των *Coliforms* που εντοπίστηκαν ήταν στα επιτρεπτά όρια, εντός των επιτρεπτών ορίων των εντερικών βακτηρίων τα οποία μπορεί να προέλθουν και να ανιχνευτούν στο προϊόν (τομάτα) από φυσικές εισροές όπως του νερού, του εδάφους αλλά και από τα έντομα. Ειδικότερα στα νερά άρδευσης αλλά και στο έδαφος έχουν αναφερθεί τυπικά γένη των Εντεροβακτηρίων όπως τα *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Hafnia*, *Serratia* και *Klebsiella* και έχουν χαρακτηριστεί ως γένη περιβαλλοντικής προέλευσης.

Το νερό άρδευσης δύναται να μολυνθεί από κολοβακτηριοειδή τα οποία αναφέρονται ως είδη βακτηρίων κοπρανώδεις μόλυνσης. Στο βασικό δείκτη κοπρανώδους μόλυνσης ανήκει το είδος *E. coli*, το οποίο στη παρούσα μελέτη δεν απομονώθηκε στον μίσχο και στην επιδερμίδα της τομάτας.

Το νερό άρδευσης φιλοξενεί βακτήρια κοπρανώδεις μόλυνσης ή έχει γίνει πρόσμιξη με περιττωματικές ουσίες. Αναμφίβολα στην παρούσα μελέτη, στην επιδερμίδα και στην μίσχο της τομάτας δεν υπάρχουν βακτήρια ύδατος με περιττωματικές ουσίες τα οποία μπορεί να προκαλέσουν αποικισμό φυτικών ιστών με περεταίρω κινδύνους. Βιβλιογραφικά έχει βρεθεί ότι οι ρίζες φυτών κυρίως του μαρουλιού (**Islam, Kroupitski et al., Takeuchi and Frank** και **Warner et al.**) απορροφούν μέσω των ριζών τους με το νερό άρδευσης το είδος *E. coli* το οποίο μεταφέρεται σε φύλλα και μίσχους. Παρόμοιο φαινόμενο απορρόφησης του είδους *E. coli* έχει αναφερθεί και σε υδροπονική καλλιέργεια της τομάτας από τους **Jeri et al., 2011** όπου το είδος *E. coli* μεταφέρεται από τις ρίζες με το νερό άρδευσης και κάνει εγκατάσταση περιφερειακά στο δίκτυο τριχών (trichomes) στα φύλλα και στους μίσχους της τομάτας του φυτού.

Όλα τα παραπάνω ενισχύουν τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δηλ, της απουσίας βακτηρίων στον μίσχο και στην επιδερμίδα της τομάτας, με περιττωματικές ουσίες του *E. coli*, στα θερμοκήπια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Γαιόπολις,

Λάρισας, τα οποία μπορεί να προκαλέσουν αποικισμό φυτικών ιστών (τομάτας) μέσω της άρδευσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αγγλόγαλος Ε. (2010) *Βελτιστοποίηση ενός νέου συστήματος υδροπονικής εγκατάστασης NDF και συγκριτική αξιολόγηση με το κλασικό σύστημα MFT.* (Μεταπτυχιακή διατριβή πανεπιστήμιο Αθηνών) Ανακτήθηκε 7/7/19 από: http://dspace.aua.gr/xmlui/bitstream/handle/10329/6202/Agglogallos_E.pdf?sequence=1

Βάσση Α. (2013) *Υδροπονική καλλιέργεια λαχανοκομικών ειδών. Υφιστάμενη κατάσταση και προοπτικές ανάπτυξης στην Ελλάδα.* (Μεταπτυχιακή διατριβή πανεπιστήμιο Ιωαννίνων) Ανακτήθηκε 9/7/19 από: <http://olympias.lib.uoi.gr/jspui/bitstream/123456789/25526/1/%CE%9C.%20%CE%95.%20%CE%92%CE%91%CE%A3%CE%A3%CE%97%20%CE%91%CE%98%CE%91%CE%9D%CE%91%CE%A3%CE%99%CE%91.pdf>

Βαστάρδης Μ. (1997) *ολοκληρωμένη καλλιέργεια τομάτας πέντε στρεμμάτων θερμοκηπίου στο νομό Μεσσηνίας "* (Πτυχιακή διατριβή ,Τ.Ε.Ι Καλαμάτας) Ανακτήθηκε 12/8/19 από: http://nestor.teipel.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/13803/STEG_THEKA_00009_Medium.pdf?sequence=1

Γουλεάκη Αι.(2012) *Ανάπτυξη αλγόριθμου βέλτιστης διαστασιολόγησης γεωθερμικού συστήματος για θέρμανση και ψύξη* (Μεταπτυχιακή διατριβή, πολυτεχνείο Κρήτης) Ανακτήθηκε 11/4/19 από: <http://artemis.library.tuc.gr/DT2013-0114/DT2013-0114.pdf>

Λακογιάννης Γ.(2014) *Χωροθέτηση μονάδων παραγωγής Ενέργειας από Γεωθερμία. Προτάσεις για την αξιοποίηση των γεωθερμικών πεδίων της Ελλάδας* (Μεταπτυχιακή διατριβή , Μετσόβιο πολυτεχνείο) Ανακτήθηκε 20/5/19 από: file:///C:/Users/User/Desktop/πληροφοριες%20ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ/Διακογιαννης_Γωργος.pdf%20νομοθεσια.pdf

Διαμαντόπουλος Φ. (2010) *Εφαρμογές γεωθερμίας χαμηλής ενθαλπίας στην περιοχή Αλεξάνδρειας Ν.Ημαθίας* (Μεταπτυχιακή διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης) Ανακτήθηκε 19/3/19 από: <http://artemis.library.tuc.gr/DT2010-0124/DT2010-0124.pdf>

Δαμβουνέλης Θ. (2017) *Θέρμανση θερμοκηπίου με χρήση αβαθούς γεωθερμίας*. (Πτυχιακή διατριβή, Τ.Ε.Ι Κρήτης) Ανακτήθηκε 25/2/19 από: <https://apothesis.lib.teicrete.gr/bitstream/handle/11713/8429/DamvounelisThomas2017.pdf?sequence=1>

Ζήσης Γ. (2012) *Σύγχρονοι μέθοδοι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση γεωθερμικής ενέργειας υψηλής ενθαλπίας* (Πτυχιακή διατριβή Τ.Ε.Ι Καβάλας) Ανακτήθηκε 22/2/19 από: <http://digilib.teiemt.gr/jspui/bitstream/123456789/1705/1/012012087.pdf>

Κάνδηλα Α. (2010) *Συγκριτική μελέτη τεσσάρων υποστρωμάτων υδροπονικής καλλιέργειας τομάτας* (Πτυχιακή διατριβή , πανεπιστήμιο Θεσσαλίας) Ανακτήθηκε 28/7/19 από: <http://ir.lib.uth.gr/bitstream/handle/11615/354/P0000354.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Καπουράνη Α. (2002) *Πρότυπη υδροπονική καλλιέργεια τομάτας σε περλίτη στην περιοχή της Αττικής* (Πτυχιακή διατριβή , πανεπιστήμιο Θεσσαλίας) Ανακτήθηκε 13/6/19 από: http://nestor.teipel.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/17201/STEG_FP_00250_Medium.pdf?sequence=1

Καρακατσάνη Ε. (2012) *Η βιομηχανική τομάτα και η μεταποίησή της*. (Πτυχιακή διατριβή Τ.Ε.Ι Καλαμάτας) Ανακτήθηκε 12/8/19 από: http://nestor.teipel.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/14593/STEG_TEGEP_00410_Medium.pdf?sequence=1

Καραμπούλα Α. (2016) *Υδροπονικά συστήματα με χρήση γεωθερμίας (καλλιέργεια τομάτας –πιπεριάς-μελιτζάνας-αγγουριάς)* (Πτυχιακή διατριβή, Τ.Ε.Ι Θεσσαλίας) Ανακτήθηκε 15/5/19 από: https://www.adapt2change.org/assets/content_article_gallery/113/ptichiaki-karampoula-life.pdf

Κουτρούλη Α.(2013) *οι προσυλλεκτικές και οι μετασυλλεκτικές ασθένειες της τομάτας*. (Πτυχιακή διατριβή, Τ.Ε.Ι Καλαμάτας) Ανακτήθηκε 1/8/19 από: http://nestor.teipel.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/14742/STEG_TEGEP_00565_Medium.pdf?sequence=1

Λιούτας Γ. & Παπαδάκης Ζ.(2009) *Αξιοποίηση γεωθερμίας με χρήση αντλιών θερμότητας*. (Πτυχιακή διατριβή, Τ.Ε.Ι Σερρών) Ανακτήθηκε 28/1/19 από: <http://apothesis.teicm.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/722/papadakis.pdf?sequence=1>

Μαρκέλα Σ. (2017) *Επιχειρηματικό σχέδιο για εγκατάσταση δυο θερμοκηπιακών μονάδων τομάτας σε συμβατικό και υδροπονικό θερμοκήπιο και σύγκριση μεταξύ τους*. (Μεταπτυχιακή διατριβή, πανεπιστήμιο Αθηνών) Ανακτήθηκε 1/6/19 από: http://dspace.aua.gr/xmlui/bitstream/handle/10329/6522/Malamateniou_M.pdf?sequence=3

Μαρούδης Β. (2014) *Πρακτικές εφαρμογές γεωθερμίας σε κτηριακές εγκαταστάσεις στην Ελλάδα*. (Μεταπτυχιακή διατριβή πολυτεχνείου Κρήτης) Ανακτήθηκε 15/12/19 από: <http://spiros.dpem.tuc.gr/images/pdf/diploma/%CE%9C%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%8D%CE%B4%CE%B7%CF%82%20Thesis.pdf>

Μιλτιάδους Κ. & Μαυρούδης Α. (2012) *Συστήματα αξιοποίησης γεωθερμικής ενέργειας* (Πτυχιακή διατριβή, Τ.Ε.Ι Σερρών) Ανακτήθηκε 12/12/19 από: <http://apothesis.teicm.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/697/miltiadous.pdf?sequence=1>

Μπεξή Π. (2010) *Ασθένειες και εχθροί της τομάτας*. ((Πτυχιακή διατριβή, Τ.Ε.Ι Καλαμάτας) Ανακτήθηκε 2/8/19 από: http://nestor.teipel.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/13549/STEG_THEKA_00462_Medium.pdf?sequence=1

Παπαβασιλείου ΑΙ.(2006) *Μελέτη της υπολειμματικότητας του εντομοκτόνου imidacloprid σε κλειστό υδροπονικό σύστημα*. (Μεταπτυχιακή διατριβή, πανεπιστήμιο Ιωαννίνων) Ανακτήθηκε 5/5/19 από: <http://olympias.lib.uoi.gr/jspui/bitstream/123456789/25638/1/%CE%9C.%CE%95.%CE%A0%CE%B1%CF%80%CE%B1%CE%B2%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%BB%CE%B5%CE%AF%CE%BF%CF%85%20%CE%91.pdf>

Παπαγεωργίου Ι.(2010) *Χρήση αντλίας θερμότητας για κλιματισμό χοιροστασίου αξιοποιώντας τη γεωθερμία.* (Μεταπτυχιακή διατριβή, πανεπιστήμιο Αθηνών)
Ανακτήθηκε 6/9/19 από:

http://dspace.aua.gr/xmlui/bitstream/handle/10329/2536/Papageorgiou_I.pdf?sequence=1

Παπαχατζής Α. & Καλορίζου Ε. (2011) *Γενική και ειδική λαχαχανοκομία.* Λάρισα: Εκδόσεις Γραμμικό.

Πιερρή Κ. *Βακτηριολογικές και μυκητολογικές ασθένειες τομάτας.* (Πτυχιακή διατριβή Τ.Ε.Ι Μεσολογγίου) Ανακτήθηκε 5/9/19 από:
http://repository.library.teimes.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/826/theka_0267th.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ροδινού Ε. (2008) *Συμπεριφορά φυτοπροστατευτικών προϊόντων σε υδροπονική καλλιέργεια τομάτας.* (Μεταπτυχιακή διατριβή, πανεπιστήμιο Θεσσαλίας) Ανακτήθηκε 10/9/19 από:
<http://ir.lib.uth.gr/bitstream/handle/11615/43886/7165.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Φιρφίρης Β. (2013) *Σχεδιασμός και απόδοση , ηλιακά υποβοηθούμενου συστήματος θέρμανσης θερμοκηπίου με αβαθή γεωθερμία.* (Μεταπτυχιακή διατριβή , πανεπιστήμιο θασσαλονίκης) Ανακτήθηκε 3/3/19 από: <http://ikee.lib.auth.gr/record/132277/files/GRI-2013-10815.pdf>

Ψυλλάκη Μ.(2009) *Η διαχρονική εξέλιξη των θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων στην Ιεράπετρα.* (Πτυχιακή διατριβή, Τ.Ε.Ι Κρήτης)
<http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/steg/fp/2009/PsillakiMaria/attached-document-1260433402-905248-11345/Psillaki2009.pdf>

ΑΡΘΡΑ

Αξιοποίηση της αβαθούς γεωθερμίας (2007) Ανακτήθηκε 25/5/19 από:
<http://www.poseidonenergy.gr/products.htm>

ΝΩΠΑ ΛΑΧΑΝΙΚΑ (1/6/2016) Ανακτήθηκε 25/9/19 από:
<http://www.opengov.gr/epy/?p=6131>

Τι είναι και πως μεταδίδεται η εντεροαιμοραγική *Escherichia coli* (31/5/2011)
Ανακτήθηκε 15/10/19 από: <https://www.in.gr/2011/05/31/tech/ti-einai-kai-pws-metadidetai-i-enteroaimorragiki-escherichia-coli/>

Κανονισμός (ΕΚ) αριθ.2073/2005 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 15^η Νοεμβρίου 2005 περί
μικροβιολογικών κρητηρίων για τα τρόφιμα. Ανακτήθηκε 22/10/19 από:
http://www.minagric.gr/images/stories/docs/agrotis/trofima_mi_zoikis/kan2073_2005_new.pdf

Υδροπονία - ΞΕΛΙΑΛΥΝΟΝΤΑΣ ΤΟΥΣ ΜΥΘΟΥΣ Ανακτήθηκε 5/4/19 από:
<http://www.luciasfarm.gr/ydroponia/>

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Jeri D. Barak, Lara C. Kramer, Ling-yun Hao. 2011. Colonization of Tomato Plants by *Salmonella enterica* Is Cultivar Dependent, and Type 1 Trichomes Are Preferred Colonization Sites. Appl Environ Microbiol. 77(2): 498–504.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3020540/#r19>

Islam, M., et al. 2004. Persistence of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium on lettuce and parsley and in soils on which they were grown in fields treated with contaminated manure composts or irrigation water. Foodborne Pathog. Dis. 1:27-35.

Kroupitski, Y., et al. 2009. Internalization of *Salmonella* in leaves is induced by light and involves chemotaxis and penetration through open stomata. Appl. Environ. Microbiol. 75:6076-6086.

Takeuchi, K., and J. F. Frank. 2001. Quantitative determination of the role of lettuce leaf structures in protecting *Escherichia coli* O157:H7 from chlorine disinfection. J. Food Prot. 64:147-151.

Warner, J. C., S. D. Rothwell, and C. W. Keevil. 2008. Use of episcopic differential interference contrast microscopy to identify bacterial biofilms on salad leaves and track colonization by *Salmonella* Thompson. Environ. Microbiol. 10:918-925.

Luis D.Berrizbeitia (2014) ανακτήθηκε 18/11/19 από:
<https://translate.google.com/translate?hl=el&sl=en&u=https://geothermalcommunities.eu/assets/elearning/8.21.Berrizbeitia.pdf&prev=search>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
9308-1

Third edition
2014-09-15

**Water quality — Enumeration
of *Escherichia coli* and coliform
bacteria —**

**Part 1:
Membrane filtration method for
waters with low bacterial background
flora**

*Qualité de l'eau — Dénombrement des *Escherichia coli* et des
bactéries coliformes —*

*Partie 1: Méthode par filtration sur membrane pour les eaux à faible
teneur en bactéries*

ISO
Licensed to CDR
ISO Store a copy of this standard
Single user license, serials & network prohibited

Reference number
ISO 9308-1:2014(E)

© ISO 2014



COPYRIGHT PROTECTED DOCUMENT

© ISO 2014

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized otherwise in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, or posting on the internet or an intranet, without prior written permission. Permission can be requested from either ISO at the address below or ISO's member body in the country of the requester.

ISO copyright office
Case postale 55 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Published in Switzerland

Licensed to gsapanikrawa@biogepure.gr
ISO Store order # DP-30918/Downloaded 2014-10-07
Single user licence only, copying and networking prohibited © ISO 2014 - All rights reserved

ii

Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

The procedures used to develop this document and those intended for its further maintenance are described in the ISO/IEC Directives, Part 1. In particular the different approval criteria needed for the different types of ISO documents should be noted. This document was drafted in accordance with the editorial rules of the ISO/IEC Directives, Part 2 (see www.iso.org/directives).

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. ISO shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights. Details of any patent rights identified during the development of the document will be in the Introduction and/or on the ISO list of patent declarations received (see www.iso.org/patents).

Any trade name used in this document is information given for the convenience of users and does not constitute an endorsement.

For an explanation on the meaning of ISO specific terms and expressions related to conformity assessment, as well as information about ISO's adherence to the WTO principles in the Technical Barriers to Trade (TBT) see the following URL: Foreword - Supplementary information

The committee responsible for this document is ISO/TC 147, *Water quality*, Subcommittee SC 4, *Microbiological methods*.

This third edition cancels and replaces the second edition (ISO 9308-1:2000), which has been technically revised.

It also incorporates the Corrigendum ISO 9308-1:2000/Cor.1:2007.

ISO 9308 consists of the following parts, under the general title *Water quality — Enumeration of Escherichia coli and coliform bacteria*:

- Part 1: *Membrane filtration method for waters with low bacterial background flora*
- Part 2: *Most probable number method*
- Part 3: *Miniaturized method (Most Probable Number) for the detection and enumeration of E. coli in surface and waste water*

Introduction

The presence and extent of faecal pollution is an important factor in assessing the quality of water and the risk to human health from infection. Examination of water samples for the presence of *Escherichia coli* (*E. coli*), which normally inhabits the bowel of man and other warm-blooded animals, provides an indication of such pollution. Examination for coliform bacteria can be more difficult to interpret because some coliform bacteria live in soil and surface fresh water and are not always intestinal. Therefore, the presence of coliform bacteria, although not a proof of faecal contamination, may indicate failure in treatment, storage, or distribution.

Licensed to gpepanikolaou@biopropare.gr
ISO Store order #: CP-30919/Downloaded: 2014-10-07
Single user licence only, copying and networking prohibited.

Water quality — Enumeration of *Escherichia coli* and coliform bacteria —

Part 1:

Membrane filtration method for waters with low bacterial background flora

WARNING — Persons using this document should be familiar with normal laboratory practice. This document does not purport to address all of the safety problems, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user to establish appropriate safety and health practices and to ensure compliance with any national regulatory conditions.

IMPORTANT — It is absolutely essential that tests conducted in accordance with this document be carried out by suitably qualified staff.

1 Scope

This part of ISO 9308 specifies a method for the enumeration of *Escherichia coli* (*E. coli*) and coliform bacteria. The method is based on membrane filtration, subsequent culture on a chromogenic coliform agar medium, and calculation of the number of target organisms in the sample. Due to the low selectivity of the differential agar medium, background growth can interfere with the reliable enumeration of *E. coli* and coliform bacteria, for example, in surface waters or shallow well waters. This method is not suitable for these types of water.

This part of ISO 9308 is especially suitable for waters with low bacterial numbers that will cause less than 100 total colonies on chromogenic coliform agar (CCA). These may be drinking water, disinfected pool water, or finished water from drinking water treatment plants.

Some strains of *E. coli* which are β -D-glucuronidase negative, such as *Escherichia coli* O157, will not be detected as *E. coli*. As they are β -D-galactosidase positive, they will appear as coliform bacteria on this chromogenic agar.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 3696, *Water for analytical laboratory use — Specification and test methods*

ISO 7704, *Water quality — Evaluation of membrane filters used for microbiological analyses*

ISO 8159, *Water quality — General guidance on the enumeration of micro-organisms by culture*

ISO 11133, *Microbiology of food, animal feed and water — Preparation, production, storage and performance testing of culture media*

ISO 19458, *Water quality — Sampling for microbiological analysis*

3 Terms and definitions

For the purpose of this document, the definitions given in ISO/IEC Guide 2 and the following apply.

Licensed to gnapanikolaou@bioprepap.gr
ISO Store order #: 0P-30918 Downloaded: 2014-10-07
Single user licence only, copying and networking prohibited.

© ISO 2014 - All rights reserved

1

ISO 9308-1:2014(E)

3.1

coliform bacteria

members of the *Enterobacteriaceae* that express β -D-galactosidase

3.2

Escherichia coli

E. coli

member of the *Enterobacteriaceae* that expresses β -D-galactosidase and β -D-glucuronidase

4 Principle

Filtration of a test portion of the sample through a membrane filter, which retains the organisms, and placement of the membrane filter on a chromogenic coliform agar plate.

Incubation of the membrane filter at $(36 \pm 2) ^\circ\text{C}$ for (21 ± 3) h.

Counting of β -D-galactosidase positive colonies (pink to red) as presumptive coliform bacteria that are not *E. coli*. To avoid false-positive results, caused by oxidase positive bacteria, for example, *Aeromonas* spp, the presumptive colonies shall be confirmed by a negative oxidase reaction.

Counting of β -D-galactosidase and β -D-glucuronidase positive colonies (dark-blue to violet) as *E. coli*.

Total coliform bacteria are the sum of oxidase negative colonies with pink to red colour and all dark-blue to violet colonies;

5 Apparatus and glassware

The following are the usual microbiological laboratory equipment.

5.1 Apparatus, suitable for sterilization by steam (autoclave), according to the instructions given in ISO 8199.

5.2 Incubator, thermostatically controlled at $(36 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

5.3 pH meter, with an accuracy of $\pm 0,1$ at $20 ^\circ\text{C}$ to $25 ^\circ\text{C}$.

5.4 Equipment, for membrane filtration.

5.5 Membrane filters, composed of cellulose esters or other suitable material, usually about 47 mm or 50 mm in diameter, with filtration characteristics equivalent to a rated nominal pore diameter of $0,45 \mu\text{m}$ and, preferentially, with grid lines.

The membrane filters shall be free from growth-inhibiting or growth-promoting properties and the printing ink used for the grid shall not affect the growth of bacteria. If not obtained sterile, they shall be sterilized according to the manufacturer's instructions. Every batch of membrane filters shall be tested for its suitability for the test according to ISO 7704 especially since the use of different brands of membrane filters may result in different recovery and colour development.

5.6 Disinfected forceps, for handling of membrane filters.

6 Culture media and reagents

For the preparation of culture media and reagents, see ISO 8199 and ISO 11133. Use ingredients of uniform quality and chemicals of analytical grade (see note); follow the instructions given in [Annex B](#).

Alternatively, use commercially available media and reagents which comply with the compositions given in Annex B and strictly follow the manufacturer's instructions.

NOTE The use of chemicals of other grades is possible providing they are shown to be of equal performance in the test.

For preparation of culture media, use distilled water or deionized water free from substances which might inhibit bacterial growth under the conditions of the test and which is in accordance with ISO 3696.

7 Sampling

Take the samples and deliver them to the laboratory in accordance with ISO 19458.

8 Procedure

8.1 Preparation of the sample

For preparation of the sample, filtration, and inoculation on isolation media, follow the instructions given in ISO 8199. Samples have to be transported and stored at $(5 \pm 3)^\circ\text{C}$ in accordance with ISO 19458. Under exceptional circumstances, the samples may be kept at $(5 \pm 3)^\circ\text{C}$ for up to 24 h prior to examination. In this case, the storage time has to be mentioned in the test report.

8.2 Filtration

Filter 100 ml (or other volumes, e.g. 250 ml for bottled water) of the sample to be studied using a membrane filter (5.5). The minimum volume for filtration is 10 ml of sample or dilutions thereof to ensure even distribution of the bacteria on the membrane filter.

8.3 Incubation and differentiation

After filtration (8.2), place the membrane filter on the Chromogenic Coliform Agar (CCA) (B.1), ensuring that no air is trapped underneath, invert petri dish, and incubate at $(36 \pm 2)^\circ\text{C}$ for (21 ± 3) h.

Examine the membrane filters and count all colonies giving a positive β -D-galactosidase reaction (pink to red) as presumptive coliform bacteria that are not *E. coli*.

Count all colonies giving a positive β -D-galactosidase and β -D-glucuronidase reaction (dark-blue to violet) as *E. coli*.

To confirm the presumptive coliform bacteria that are not *E. coli*, an oxidase test has to be performed. Test preferentially all, or at least 10 pink to red colonies selected as described in ISO 8199. For this confirmation step, appropriate commercialized oxidase tests¹⁾ can be used.

If commercial oxidase test is not used, the oxidase-test can be performed by adding two to three drops of fresh oxidase reagent (B.2) onto a filter paper in a petri dish. The colonies which have to be confirmed are transferred onto the pretreated filter paper using a plastic or platinum inoculating loop. A positive oxidase reaction is shown by the appearance of a dark-blue colour within 30 s. This shall not be observed for coliform bacteria since they are oxidase negative.

If many colonies have grown on the membrane filter or if a presumptive colony is located next to other colonies, it might be necessary to prepare subcultures of the presumptive colonies to ensure that the oxidase test is carried out with pure cultures. It is also necessary to make subcultures if the presumptive

1) For the evaluation of the performance characteristics of the Chromogenic Coliform Agar in ANNEX C Bactident®-oxidase test has been used. Bactident® is an example of suitable product available commercially. This information is given for the convenience of the users of this International Standard and does not constitute an endorsement by ISO of this product.

ISO Store order #: CP-30918/Downloaded: 2014-10-07
Single user licence only, copying and networking prohibited.

© ISO 2014 - All rights reserved.

ISO 9308-1:2014(E)

colonies are too small for a reliable performance of the oxidase test. Subculture onto a non-selective agar (e.g. B₃) at $(36 \pm 2) ^\circ\text{C}$ for (21 ± 3) h.

9 Expression of results

From the numbers of confirmed colonies counted on the membrane filter (8.3), calculate the numbers of *E. coli* and coliform bacteria present in 100 ml of the sample (or other filtered volume) in accordance with ISO 8199. The count of coliform bacteria is the sum of all oxidase negative pink to red colonies plus all dark-blue to violet colonies. *E. coli* are all dark-blue to violet colonies.

10 Test report

The test report shall contain at least the following information:

- the test method used, together with a reference to this part of ISO 9308 (ISO 9308-1:2014);
- all information required for the complete identification of the sample;
- the results expressed in accordance with Clause 9;
- any particular occurrence(s) observed during the course of the analysis and any operation(s) not specified in this part of ISO 9308 which may have influenced the results.

11 Quality assurance

11.1 General

The laboratory shall have a clearly defined quality control system to ensure that the apparatus, reagents, and techniques are suitable for the test. The use of positive controls, negative controls, and blanks is part of the test.

11.2 Performance testing of Chromogenic Coliform Agar (CCA)

For the definition of productivity, selectivity, and specificity, refer to ISO 11133. The performance of CCA shall be tested according to the methods and criteria described in ISO 11133.

Table 1 shows the performance tests for CCA.

Table 1 — Performance testing of Chromogenic Coliform Agar

Function	Incubation	Control strains ^a	Reference-medium	Method of control	Criteria (Productivity)	Characteristic reactions
Productivity	(21 ± 3) h/ $(36 \pm 2) ^\circ\text{C}$	<i>E. coli</i> WDCM 00013 or WDCM 00012	TSA	Quantitative	PR $\geq 0,7$	Dark-blue to violet colonies
		<i>Ent. aerogenes</i> WDCM 00175 or <i>C. freundii</i> WDCM 00006	TSA	Quantitative	PR $\geq 0,7$	Pink to red colonies
Selectivity	(21 ± 3) h/ $(36 \pm 2) ^\circ\text{C}$	<i>E. faecalis</i> WDCM 00009	—	Qualitative	Total inhibition	—
Specificity	(21 ± 3) h/ $(36 \pm 2) ^\circ\text{C}$	<i>P. aeruginosa</i> WDCM 00024	—	Qualitative	Growth	Colourless colonies

^a Refer to the reference strain catalogue available (viewed 03-01-2014) on http://www.wfcc.info/pdf/WDCM_Reference_Strain_Catalogue.pdf on culture collection strain numbers and contact details.

11.3 Performance testing of oxidase test

Examples of suitable control strains are *Pseudomonas aeruginosa* WDCM 00024[Z] (positive control), *Escherichia coli* WDCM 00013[Z], or WDCM 00012[Z] (negative control).

Annex A (informative)

Further microbiological information on coliform bacteria

In addition to expressing β -D-galactosidase, coliform bacteria are Gram-negative non-sporeforming, oxidase-negative, rod-shaped bacteria, which are capable of aerobic and facultative anaerobic growth in the presence of bile-salts (or other surface-active agents with similar growth-inhibiting properties) and which are normally able to ferment lactose with the production of acid and aldehyde within 48 h when incubated at a temperature of $(36 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

In addition to expressing β -D-glucuronidase, *E. coli* are coliform bacteria that are able to produce indole from tryptophan at $(44,0 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$ within (21 ± 3) h. Therefore, in case of any doubt of *E. coli* colonies on the primary agar medium, indole test may be used as an additional confirmation. *E. coli* also give positive results in the methyl red test and can decarboxylate L-glutamic acid but are not able to produce acetyl methyl carbinol, utilize citrate as the sole source of carbon, or grow in KCN broth.

Annex B (normative)

Composition and preparation of culture media and reagents

B.1 Chromogenic Coliform Agar (CCA)

Enzymatic digest of casein	1,0 g
Yeast extract	2,0 g
Sodium chloride	5,0 g
Sodium dihydrogen phosphate x 2H ₂ O	2,2 g
Di-sodium hydrogen phosphate	2,7 g
Sodium pyruvate	1,0 g
Sorbitol	1,0 g
Tryptophane	1,0 g
Secondary alcohol ethoxylate surfactant (CAS No. 68131-40-8) ^a (e.g. Tergitol® 15-S-7 surfactant) ^b	0,15 g
6-Chloro-3-indoxyl-β-D-galactopyranoside (Salmon-beta-D-galactosid), (CAS No. 138182-21-5)	0,2 g
5-Bromo-4-chloro-3-indoxyl-β-D-glucuronic acid, cyclohexylammonium salt monohydrate (X-beta-G-glucuronide CHX salt) (CAS No. 114162-64-0)	0,1 g
Isopropyl-β-D-thiogalactopyranoside (IPTG) (CAS No. 367-93-1)	0,1 g
Bacteriological agar (in powder or flake form)	9 g to 18 g ^c
Water	1 000 ml
^a CAS Number/CAS Registry Number is a unique numerical identifier of the Chemical Abstracts Service (CAS) for chemical elements, compounds, polymers, biological sequences, mixtures, and alloys.	
^b Tergitol® is an example of a suitable product available commercially. This information is given for the convenience of the users of this International Standard and does not constitute an endorsement by ISO of this product.	
^c Depending on the gelling power of the agar.	

Suspend the ingredients in water by heating in a boiling water bath or in free-flowing steam with frequent agitation until completely dissolved (approximately 35 min). If necessary, adjust the pH so that after heat treatment it has a value corresponding to $6,8 \pm 0,2$ at 25 °C. Do not autoclave, do not overheat. Dispense in petri dishes to a depth of at least 4 mm. If not for immediate use, the plates can be stored at (5 ± 3) °C in the dark and protected against evaporation for at least one month. There should be no visible moisture on the plates before use. When moisture is present, the plates should be dried for the minimum time required to remove visible moisture.

B.2 Oxidase reagent

N,N,N',N'-Tetramethyl-p-phenylenediamine dihydrochloride (CAS No. 637-01-4) 0,1 g

Water 10 ml

Licensed to goparikolaou@bioprep.gr
ISO Store order #: OP-50918, Downloaded: 2014-10-07
Single user licence only, copying and networking prohibited.
© ISO 2014 - All rights reserved

ISO 9308-1:2014(E)

This reagent is not stable. It shall be freshly prepared in small portions each time it is needed and has to be protected against light.

WARNING — *N,N,N',N'*-Tetramethyl-*p*-phenylenediamine dihydrochloride is carcinogenic. The preparation work has to be done in a fume cupboard. Use protective gloves and avoid skin contact.

B.3 Tryptone Soy Agar (TSA)

Tryptone	15,0 g
Soya peptone	5,0 g
Sodium chloride	5,0 g
Agar (in powder or flake form)	15 g to 25 g ^a
Water	1 000 ml
^a Depending on the gelling power of the agar.	

Suspend the ingredients in water by heating in a boiling water bath or in free-flowing steam. If necessary, adjust the pH so that after autoclaving it has a value corresponding to $7,2 \pm 0,1$ at 25 °C. Sterilize for 15 min at (121 ± 3) °C in an autoclave. Let cool to approx. 50 °C and pour into petri dishes to a depth of at least 4 mm. If not for immediate use, the plates can be stored at (5 ± 3) °C in the dark and protected against evaporation for at least eight weeks.

NOTE — Any other non-selective agar can be used for subculturing before the oxidase test, as long as it does not interfere with the oxidase test.

Annex C (informative)

Performance characteristics

Table C.1 — Performance characteristics of Chromogenic Coliform Agar

	<i>E. coli</i>	Coliform bacteria
Identification (<i>n</i> = 220)		
Sensitivity	94 %	91 %
Specificity	97 %	94 %
False positive rate	6 %	5 %
False negative rate	3 %	11 %
Efficiency	96 %	92 %
Selectivity	-0,78	-0,32
Range of quantitative determination (colonies per membrane 47 mm)	10 to 100	10 to 100
Recovery	>80 %	>70 %
Counting uncertainty (RSD)		
Repeatability	0,046	0,035
Reproducibility	0,127	0,114
Robustness of incubation time	Explicit increase of presumptive colonies between 18 h and 24 h incubation time*	
* The preferred incubation time for water samples should be 21 h. Incubation for 24 h increases the recovery of the target bacteria especially if they are stressed e.g. from disinfected waters.		

Data for the calculation of the performance characteristics were collected in 2012 at IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasser Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH, in Mülheim a. d. Ruhr, Germany. Most tests were performed with potable water from the distribution grid in Mülheim a. d. Ruhr that was spiked with surface water from the river Ruhr. Depending on the types of water samples and individual laboratories processes, it may be necessary that laboratories carry out their own secondary validation.

All data are published in the article "Performance validation of chromogenic coliform agar for the enumeration of *Escherichia coli* and coliform bacteria" in "Letters in Applied Microbiology" in December 2013.[6]

The article and the supporting informations are also available as an online version on <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/lam.12147/supinfo>

Bibliography

- [1] ISO 7218:2007, *Microbiology of food and animal feeding stuffs — General requirements and guidance for microbiological examinations*
- [2] BYAMUKAMA D., KANSIME F., MACH R.L., FARNLEITNER A.H. Determination of *Escherichia coli* Contamination with Chromocult Coliform Agar Showed a High Level of Discrimination Efficiency for Differing Fecal Pollution Levels in Tropical Waters of Kampala, Uganda. *Appl. Environ. Microbiol.* 2000, **66** pp. 864–868
- [3] GEISSLER K., MANAFI M., AMOROS I., ALONSO J.L. Quantitative determination of total coliforms and *Escherichia coli* in marine waters with chromogenic and fluorogenic media. *J. Appl. Microbiol.* 2000, **88** pp. 280–285
- [4] OSSMER R., SCHMIDT W., MENDE U. Chromocult Coliform Agar — Influence of Membrane Filter Quality on Performance. Poster presentation, 1999. Congreso de la Sociedad Española de Microbiología, Granada, Spain (<http://www.univie.ac.at/chromogenic/OSSMER.PDF>)
- [5] USEPA: 40 CFR Part 141 (sec. 141.21) Federal Register/Vol. 67, No. 209, Tuesday October 29, 2002/Rules and Regulations
- [6] LANGE B., STRATHMANN M., OSSMER R. Performance validation of chromogenic coliform agar for the enumeration of *Escherichia coli* and coliform bacteria. *Lett. Appl. Microbiol.* 2013, **57** pp. 547–553 (<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/lam.12147/supinfo>)
- [7] http://www.wfcc.info/pdf/WDCM_Reference_Strain_Catalogue.pdf (viewed 03-01-2014)

ISO 9308-1:2014(E)

ICS 07.100.20

Price based on 10 pages

© ISO 2014 - All rights reserved

Licensed to gspanikolaou@bicprecare.gr
ISO Store order #: OP-30918/Downloaded: 2014-10-07
Single user licence only, copying and networking prohibited.

2000-04-25

ICS:13.060.30

ΕΛΟΤ EN ISO 6222

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ
HELLENIC STANDARD



Ποιότητα νερού - Καταμέτρηση καλλιεργήσιμων μικρο-οργανισμών - Μέτρηση αποικιών
με εμβολιασμό σε θρεπτικό υλικό "agar"

Water quality - Enumeration of culturable micro-organisms - Colony count by inoculation in a
nutrient agar culture medium

Κλάση Τιμολόγησης: 2

© ΕΛΟΤ ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ Α.Ε.

Λαχωνών 313 • 11145 Αθήνα

Μετά από χρήση, απαγορεύεται η αναπαραγωγή ή άλλο τιμήτος που παρόντος με οποδήποτε μέσο, μηχανικό ή ηλεκτρονικό, ή μεταποίηση ή και άλλως και η χρήση σε δι-

4 Principle

Inoculation by mixing with a specified culture medium in Petri dishes, measured volumes of the samples or dilutions of the sample. Incubation of one set of plates at 36 °C for 44 h, and another set at 22 °C for 68 h.

Calculation of the number of colony-forming units (c.f.u.) per millilitre (ml) of the sample from the number of colonies formed in the medium.

5 Apparatus and glassware

Usual microbiological laboratory equipment and, in particular:

5.1 Apparatus for sterilisation by steam (autoclave)

5.2 Incubator capable of maintaining a temperature of $(36 \pm 2) ^\circ\text{C}$

5.3 Incubator capable of maintaining a temperature of $(22 \pm 2) ^\circ\text{C}$

5.4 Glass or plastics Petri dishes with a diameter of 90 mm or 100 mm

5.5 Water bath or similar apparatus capable of maintaining a temperature of $(45 \pm 1) ^\circ\text{C}$

5.6 Colony counting equipment with a method of illumination against a dark background

6 Sampling

Take the samples of water in accordance with the instructions for sampling, handling and preservation given in EN 25667-2 and EN ISO 5667-3.

Examine water supplied in closed containers, including natural mineral waters, within 12 h of bottling, keeping the temperature of storage at $(5 \pm 3) ^\circ\text{C}$ during this period.

7 Culture media and diluents

7.1 Basic materials

For the preparation of the medium, use ingredients of uniform quality and chemicals of analytical grade; alternatively use an equivalent dehydrated complete medium and follow the manufacturer's instructions.

For making media, use glass-distilled or deionised water prepared in accordance with EN ISO 3696 grade 3 and free from substances which might inhibit growth under the conditions of the test.

NOTE: The use of chemicals of other grades is permissible providing they are shown to be of equal performance in the test.

7.2 Diluent

For the dilutions, use the peptone diluent given in ISO 8199.

7.3 Yeast extract agar

Tryptone (Peptone from Casein, pancr.)	6,0 g
Dehydrated yeast extract	3,0 g
Agar, powdered or in pellets	10 g to 20 g (according to gel strength)
Water	1 000 ml

Add the ingredients, or the complete dehydrated medium, to the water and dissolve by heating. Adjust the pH if necessary so that after sterilization it will be $7,2 \pm 0,2$ at 25 °C.

Distribute volumes of 15 ml to 20 ml in tubes, bottles or other containers. For storage in larger volumes, use containers up to 500 ml capacity. Sterilise in the autoclave (5.1) at $(121 \pm 3) ^\circ\text{C}$ for (15 ± 1) minutes.

For use, melt the medium, allow to cool and maintain it at $(45 \pm 1) ^\circ\text{C}$ using the water bath (5.5). It is recommended to store the medium not longer than 4 h at 45 °C, after which time the medium shall be discarded.

Αδελφός προς χρήση: Ανασχεδιάστηκε η αναπροσαρμογή όλων ή μέρους του παρόντος με αναδοχή του κειμένου, προσαρμογή ή επεκτατικότητα, ή μετασχηματισμός όσον αφορά και τη χρήση ως ε

ΕΛΟΤ EN ISO 6222

Εθνικός Πρόλογος

Αυτό είναι το Φύλλο Επικύρωσης
του εγκεκριμένου Ευρωπαϊκού
Προτύπου

EN ISO 6222/1999
(ISO 6222/1999)

ως Ελληνικού Προτύπου.
Το πρότυπο αυτό διατίθεται στην
Αγγλική, ή Γαλλική ή Γερμανική
γλώσσα από τον Ελληνικό
Οργανισμό Τυποποίησης Α.Ε.

National Foreword

This Endorsement Sheet ratifies
the approval of European
Standard

EN ISO 6222/1999
(ISO 6222/1999)

as a Hellenic Standard.
This standard is available in
English, French or German from
the Hellenic Organization for
Standardization S.A.

Όπου μας χρίσθη, απογράφεται η αναφορά αυτή στον ή στους του εγγράφου με υποκείμενο μέσο, μηχανικό ή ηλεκτρονικό, η μεταποίηση όπου όπου και η χρήση σε ότι

May 1999

ICS 13.060.30

English version

Water quality - Enumeration of culturable micro-organisms - Colony count by inoculation in a nutrient agar culture medium (ISO 6222:1999)

Qualité de l'eau - Décomptement des micro-organismes revivifiables - Comptage des colonies par ensemencement dans un milieu de culture nutritif gélosé (ISO 5222:1999)

Wasserbeschaffenheit - Quantitative Bestimmung der kultivierbaren Mikroorganismen - Bestimmung der Koloniezahl durch Einimpfen in ein Nährgarnmedium (IS 6222:1995)

This European Standard was approved by CEN on 18 March 1999

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographic references concerning such national standards may be obtained on application to the Central Secretariat or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the Central Secretariat has the same status as the official versions.

CFN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Luxembourg, Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPAISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Central Secretariat: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels

© 1999 CEN All rights of exploitation in any form and by any means reserved worldwide for CEN national Members.

Ref. No. EN ISO 6222:1998

Αδελφοί, υπάρχει Αντιμεταρρύθμιση ή αναδιοργάνωση ή και η υλοποίηση του παρόντος με οποιοδήποτε μέσο, μηχανικό ή ηλεκτρονικό, ή μετασύνθεση ή και οποιεσδήποτε άλλες ή χρήση π.κ.

Foreword

The text of EN ISO 6222:1999 has been prepared by Technical Committee CEN/TC 230 "Water analysis", the secretariat of which is held by DIN, in collaboration with Technical Committee ISO/TC 147 "Water quality".

This European Standard shall be given the status of a national standard, either by publication of an identical text or by endorsement, at the latest by November 1999, and conflicting national standards shall be withdrawn at the latest by November 1999.

According to the CEN/CENELEC Internal Regulations, the national standards organizations of the following countries are bound to implement this European Standard: Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Luxembourg, Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland and the United Kingdom.

Introduction

Waters of all kinds invariably contain a variety of micro-organisms derived from various sources, such as soil and vegetation, and estimation of the overall numbers provide useful information for the assessment and surveillance of water quality. Separate counts are usually made of the micro-organisms which are able to grow and form colonies on nutrient agar media at 36 °C and 22 °C.

Colony counts are useful for assessing the integrity of ground water sources and the efficiency of water treatment processes such as coagulation, filtration and disinfection and provide an indication of the cleanliness and integrity of the distribution system. They can also be used to assess the suitability of a supply for the preparation of food and drink, where the water supply should contain few micro-organisms to avoid contaminating the product with spoilage organisms.

The main value of colony counts lies in the detection of changes from those expected, based on frequent, long term monitoring. Any sudden increase in the count can be an early warning of serious pollution and calls for immediate investigation.

1 Scope

This European Standard specifies a method for the enumeration of culturable micro-organisms in water by counting the colonies formed in a nutrient agar culture medium after aerobic incubation at 36 °C and 22 °C.

The method is intended to measure the operational efficiency of the treatment process of public drinking water supplies and for general application to all types of water. It is particularly applicable to the examination of water intended for human consumption, including water in closed containers and to natural mineral waters.

2 Normative references

This European Standard incorporates provisions from other publications. These normative references are cited at the appropriate places in the text and the publications are listed thereafter. For dated references, subsequent amendment to or revisions of any of these publications apply to this European Standard only when incorporated in it by amendment or revision. For undated references the most recent edition of the publication referred to applies.

EN ISO 3696

Water for analytical laboratory use – Specification and test methods (ISO 3696:1987)

EN ISO 5667-3

Water quality – Sampling – Part 3: Guidance on the preservation and handling of samples (ISO 5667-3:1994)

EN 25667-2

Water quality – Sampling – Part 2: Guidance on sampling techniques (ISO 5667-2:1991)

ISO 6887

Microbiology – General guidance for the preparation of dilutions for microbiological examinations

ISO 8199

Water quality – General guide to the enumeration of micro-organisms by culture

3 Definitions

For the purposes of this European Standard, the following definition applies:

culturable micro-organisms: All aerobic bacteria, yeasts and moulds capable of forming colonies in the medium specified under the test conditions described herein.

Άδεια για χρήση: Αναρμόδια η αναπαραγωγή όλων ή μέρους που παρέχονται με οποιοδήποτε μέσο, μηχανικό ή ηλεκτρονικό, η μετακίνηση ή η χρήση σε έ

8 Procedure

8.1 Preparation and inoculation

Carry out preparation of the sample, make dilutions and inoculate the culture media, in accordance with ISO 8199, EN ISO 5667-3 and ISO 6887.

Use the pour-plate method (ISO 8199). Place a volume of the test sample (or its dilution) not exceeding 2 ml in the Petri dish, add 15 ml to 20 ml of the molten medium (7.3) and mix carefully by gentle rotation; allow the medium to set. Time between addition of the test sample (or its dilution) and addition of the molten medium shall not exceed 15 min. Inoculate at least one plate for incubation at each temperature.

8.2 Incubation and examination

Invert the plates and incubate one set at $(36 \pm 2)^\circ\text{C}$ for (44 ± 4) h; incubate the other set at $(22 \pm 2)^\circ\text{C}$ for (68 ± 4) h. Examine the plates as soon as they are removed from the incubators; if this is not possible, store them at $(5 \pm 3)^\circ\text{C}$ and examine them within 48 h. Reject any plate with confluent growth.

8.3 Counting of colonies

For each temperature of incubation, and following the procedures described in ISO 8199, count the colonies present in each plate and calculate the estimated number of colony forming units present in 1 ml of sample.

9 Expression of results

Express the results as the number of colony-forming units per millilitre (cfu/ml) of the sample for each temperature of incubation.

If there are no colonies in the plates inoculated with the test volumes of the undiluted sample, express the results as not detected in one millilitre. If there are more than 300 colonies on the plates inoculated with the highest dilutions used, express the results as > 300 or as approximate only.

10 Test report

The test report shall make reference to this European Standard and give all relevant information, including

- all details necessary for complete identification of the sample;
- the technique (pour plate) and medium used;
- the time and temperature of incubation;
- the results of the count expressed in accordance with clause 9;
- any particular occurrence(s) observed during the course of the analysis and any other relevant facts concerning the procedure followed.

1996-07-11

ICS : 07.100.20; 13.060.40

ΕΛΟΤ EN 26461-2

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ

HELLENIC STANDARD ELOT EN 26461-2

ΕΛΟΤ

Ποιότητα νερού - Ανίχνευση και αρίθμηση σπόρων θειο-αναγωγικών αναερόβιων
μικροβίων (κλωστηριδίων) - Μέρος 2 : Μέθοδος διήθησης από μεμβράνες

Water quality - Detection and enumeration of the spores of sulfite-reducing anaerobes
(clostridia) - Part 2 : Method by membrane filtration

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

ΕΛΟΤ

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ - ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΗΣΗ ΣΠΟΡΩΝ ΘΕΙΟ-ΑΝΑΓΩΓΙΚΩΝ
ΑΝΑΕΡΟΒΙΩΝ ΜΙΚΡΟΒΙΩΝ (ΚΛΩΣΤΗΡΙΔΙΩΝ) - ΜΕΡΟΣ 2: ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΗΘΗΣΗΣ
ΑΠΟ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι σπόροι των θείο-αναγωγικών αναερόβιων μικροβίων (Κλωστηριδίων) είναι ευρέως διαδεμένοι στο περιβάλλον. Υπάρχουν στα κόπρανα ανθρώπων και ζώων καθώς και στα απόβλητα και τα χώμα. Αντίθετα προς τα κωλοβακτηριοειδή και *Escherichia coli*, οι σπόροι, επαζούν στο νερό, για μεγάλα χρονικά διαστήματα γιατί είναι περισσότερο ανθεκτικοί από τις βλαστικές μορφές στην επίδραση διαφόρων χημικών και φυσικών παραγόντων. Η παρουσία τους αποτελεί δείκτη παλαιάς ή διαλείπουσας ρύπανσης. Μπορεί επίσης να είναι ανθεκτικοί και στη χλωρίωση σε επίπεδα που συνήθως αυτή χρησιμοποιείται για την κατεργασία του νερού και επομένως έτσι η ανίχνευση των σπόρων να χρησιμεύει και για έλεγχο της αποτελεσματικότητας της κατεργασίας.

Το Ελληνικό Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 26461 αποτελείται από τα εξής μέρη:

Μέρος 1: Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων με εμπλουτισμό σε υγρό θρεπτικό υλικό
Μέρος 2: Μέθοδος διήθησης από μεμβράνες.

1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Αυτό το μέρος του Ελληνικού Προτύπου ΕΛΟΤ EN 26461 περιγράφει τη μέθοδο για την ανίχνευση και αρίθμηση των σπόρων θείο-αναγωγικών αναερόβιων μικροβίων (Κλωστηριδίων), με διήθηση από ειδικές μεμβράνες.

2 ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοσθεί σε όλους τους τύπους νερού, εκτός εκείνων με σημαντική πυκνότητα σωματιδίων, που μπορεί να κατακρητύθουν από τη μεμβράνη.

3 ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

ISO 3696, Water for laboratory use- Specification

ISO 5667, Water quality - Sampling

Part 2: Guidance on sampling techniques

Part 3: Guidance on the preservation and handling of samples.

ISO 7704, Water quality-Evaluation of membrane filters used for microbiological analyses.

ISO 8199 Water quality - General guidance for microbiological examination by enumeration of micro-organisms on culture media. 1)

4 ΟΡΙΣΜΟΣ

Για τους σκοπούς αυτού του Ελληνικού Προτύπου, ισχύει ο παρακάτω ορισμός.

Κλωστηρίδια: Θείο-αναγωγικοί σπορογόνοι, αναερόβιοι μικροοργανισμοί που ανήκουν στην οικογένεια Bacillaceae και στο γένος *Clostridium*.

5 ΑΡΧΗ

Η ανίχνευση των σπόρων των θείο-αναγωγικών αναερόβιων μικροβίων (Κλωστηριδίων) σε καθορισμένο όγκο δείγματος νερού, απαιτεί τα ακόλουθα στάδια.

1. C. *Clostridium*
2. C. *Clostridium*
3. C. *Clostridium*
4. C. *Clostridium*
5. C. *Clostridium*
6. C. *Clostridium*

1) Σχέδιο στην παρούσα κατάσταση

5.1 Εκλεκτική επιλογή σπόρων

Για την εκλεκτική επιλογή των σπόρων το δείγμα νερού θερμαίνεται για χρονικό διάστημα αρκετό μέχρι να καταστραφούν οι βλαστικές μορφές.

5.2 Διήθηση από μεμβράνη και καλλιέργεια

Διήθηση του δείγματος του νερού από μεμβράνη με πόρους τέτοιου διαμέτρου ώστε οι σπόροι των βακτηριδίων ($0.2 \mu\text{m}$) να κατακρατούνται μέσα ή πάνω στις μεμβράνες.

Μεταφορά της μεμβράνης σε ειδικό εκλεκτικό θρεπτικό υλικό (sulfite-iron-agar). Ακολουθώς επώαση στους $37 \pm 1^\circ\text{C}$ για $20 \pm 4\text{h}$ και $4 \pm 4\text{h}$ και καταμέτρηση όλων των μαύρων αποικιών.

6 ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ

6.1 Βασικά υλικά

Προκειμένου να επαυχθεί η αναπαραγωγιμότητα των αποτελεσμάτων, συνιστάται όπως για την παρασκευή των μέσων αραιώσης καθώς και των θρεπτικών υλικών καλλιέργειας, να χρησιμοποιούνται αφυδατωμένα βασικά συστατικά ή αφυδατωμένα πλήρη θρεπτικά υλικά. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιούνται έτοιμα αντιδραστήρια που υπάρχουν στο εμπόριο. Οι οδηγίες των κατασκευαστών πρέπει να ακολουθούνται σχολαστικά.

Τα χημικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή των θρεπτικών υλικών και τα αντιδραστήρια, πρέπει να είναι αναγνωρισμένης αναλυτικής ποιότητας.

Το νερό που χρησιμοποιείται πρέπει να είναι αποσταγμένο ή απιονισμένο και ελεύθερο από ουσίες που μπορεί να αναστείλουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών στις συνθήκες της δοκιμής. (βλέπε ISO 3696)

Οι μετρήσεις του pH πρέπει να γίνονται με τη βοήθεια πεχαμέτρου και να αναφέρονται σε θερμοκρασία 25°C .

Αν το θρεπτικό υλικό που παρασκευάστηκε δεν χρησιμοποιηθεί αμέσως, πρέπει, εκτός και εάν υπάρχει διαφορετική οδηγία, να φυλάγεται σε σκοτεινό μέρος και σε θερμοκρασία περίπου 4°C , για χρονικό διάστημα όχι μεγαλύτερο του ενός μηνός.

6.2 Αγαρ με θειώδη σίδηρο Sulfite-iron-agar

6.2.1 Βασικά υλικά (Θρεπτικό άγαρ)

Σύνθεση	
Εκχύλισμα κρέατος	3g
Πεπτόνη	10g
Χλωριούχο Νάτριο	5g
Αγαρ	15g
Νερό	1 000g

Παρασκευή υλικού

Διαλύονται τα παραπάνω συστατικά με θέρμανση και συμπληρώνονται μέχρι 1 L με νερό. Ρυθμίζεται το pH σε 7.6 ± 0.1 με διάλυμα NaOH 1mol/l. Αποστειρώνεται στους $121 \pm 1^\circ\text{C}$ για 20 min. Μετά τη στερεοποίηση συντηρείται σε ψυγείο.

6.2.2 Θειώδες νάτριο, διάλυμα (Na_2SO_3)

10g θειώδους νατρίου διαλύονται σε 100 ml νερό. Συνιστάται η ετοιμσία νέου διαλύματος κάθε 14 ημέρες.

6.2.3 Θειικός σίδηρος (II), διάλυμα (FeSO_4)

8g κρυσταλλικού θειικού σιδήρου (II) διαλύονται σε 100 ml νερού.

6.2.4 Πλήρες υλικό

Αμέσως πριν από τη χρήση ρευστοποιείται το βασικό υλικό (6.2.1) και σε κάθε 18 ml αυτού προσθέτονται 1 ml διαλύματος θειώδους νατρίου (6.2.2), και 5 σταγόνες διαλύματος θειικού σιδήρου (II) (6.2.3).

Η προσθήκη του 1 ml διαλύματος θειούχου νατρίου και των 5 σταγόνων διαλύματος θειικού σιδήρου (II) στους σωλήνες με το βασικό άγαρ να γίνεται αμέσως πριν από τον εμβολιασμό με ενσωμάτωση (βλέπε παράγραφο 9.3).

6.3 Άγαρ με τρυπτόζη και θειώδη άλατα Tryptose-sulfite-agar (εναλλακτικό υλικό)

Σύνθεση

Τρυπτόζη	15g
Πεπτόνη σόγιας	5g
Εκχύλισμα ζυμομυκήτων	5g
Sodium metabisulfite $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ <i>Βιόκεν 0287</i>	1g
Εναμιώνιος κιτρικός σίδηρος (III)	1g
Νερό	1 000 ml

Παρασκευή υλικού

Διαλύονται τα παραπάνω συστατικά με ατμό και ρυθμίζεται το pH σε $7,6 \pm 0,1$ στους 25 °C.

Διανέμεται σε δοκιμαστικούς σωλήνες σε ποσότητα 18 ml, και αποστειρώνεται στους $121^\circ \pm 1^\circ \text{C}$ για 15 min. Διατηρείται στο ψυγείο σε θερμοκρασία 4-5 °C.

Θρεπτικό υλικό που δεν έχει χρησιμοποιηθεί μέσα στις δύο επόμενες εβδομάδες από την ημερομηνία της παρασκευής του, απορρίπτεται.

7 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΓΥΑΛΙΝΑ ΣΚΕΥΗ

Χρησιμοποιείται ο συνήθης εξοπλισμός μικροβιολογικού εργαστηρίου, και

7.1 Γυάλινες φιάλες

(δοχεία Erlenmeyer, σφαιρικές φιάλες με επίπεδο πυθμένα και κωνικές φιάλες), χωρητικότητας 2L.

7.2 Δοκιμαστικοί σωλήνες, 160mm x 16mm.

7.3 Αριθμημένα σιφώνια, χωρητικότητας 10ml κοίτημένα σε 0,1 ml υποδιαιρέσεις.

7.4 Ογκομετρικά σιφώνια, χωρητικότητας 10 ml.

7.5 Δοχεία, χωρητικότητας 1L.

7.6 Κλίβανος, δεκαύωντος ατμού.

7.7 Υδατόλουτρο

7.8 Συσκευές διήθησης με μεμβράνες

Alkan 1/2 ke 1

7.9 Αποστειρωμένες μεμβράνες διήθησης, με διάμετρο πόρων 0,2 μm.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ - Η ποιότητα των μεμβρανών διήθησης πιθανόν να ποικίλει ανάλογα με τον κατασκευαστή, η ακόμα και από παρτίδα σε παρτίδα. Για το λόγο αυτό συνιστάται να ελέγχεται η ποιότητα συστηματικά σύμφωνα με το ISO 7704.

7.10 Επώαστικός κλίβανος, που να μπορεί να διατηρεί θερμοκρασία 37 ± 1 °C.

7.11 Τρυβλία Petri

8 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Για τεχνικές δειγματοληψίας βλέπε ISO 5667/2 και ISO 8199.

9 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

9.1 Επεξεργασία δειγμάτων

Βλέπε Πρότυπο ISO 5667/3 για οδηγία συντήρησης και χειρισμό των δειγμάτων και ISO 8199.

9.2 Εκλεκτική ανίχνευση των σπόρων (τεχνική)

Πρίν από την εξέταση το δείγμα του νερού θερμαίνεται σε υδατόλουτρο σε θερμοκρασία 75 ± 5 °C για 15 min από τη στιγμή που επιτυγχάνεται η θερμοκρασία αυτή. Ένα ευαίο φιαλίδιο που περιέχει τον ίδιο όγκο νερού όπως και το προς εξέταση δείγμα θα πρέπει να χρησιμοποιείται περιοδικά ως μάρτυρας με σκοπό τον έλεγχο του απαιτούμενου χρόνου θέρμανσης. Η θερμοκρασία του νερού στο φιαλίδιο μάρτυρα πρέπει να ελέγχεται σταθερά με ένα θερμομετρο.

9.3 Εμβολισμός και επώαση

Για μια γενική περιγραφή της τεχνικής διήθησης από μεμβράνη βλέπε ISO 7704.

Σύμφωνα με τις οδηγίες του προτύπου εκκρίνεται κατάλληλη ποσότητα νερού. Για νερά πόσιμα, πηγάια, πηγαδιών, μεταλλικά, θαλάσσια και επισανειακά και γενικά για νερά με χαμηλή μόλυνση με Κλωστηρίδια διηθείται ποσότητα 100 ml.

Για πολύ μολυσμένα νερά ή απόβλητα, χρησιμοποιούνται μικρότερες ποσότητες νερού. Ποσότητες νερού μικρότερες από 10 ml θα πρέπει να αναεργνούνται με 10-100 ml αποστειρωμένου νερού ή αραιωτικού διαλύματος.

Οι αραιώσεις ρυθμίζονται έτσι ώστε οι οποιεσδήποτε μαύρες αποικίες που εμφανίζονται να ξεχωρίζουν καλά και να μπορούν ευκολά να μετρηθούν.

Μετά τη διήθηση απομακρύνεται η μεμβράνη με αποστειρωμένη λαβίδα και τοποθετείται με την όψη προς τα κάτω στον πυθμένα ενός τρυβλίου Petri που βρεθεί ότι δεν έχουν εισχωρήσει κάτω από τη μεμβράνη φυσαλίδες αέρα. Στη συνέχεια ρίχνονται προσεκτικά 18 ml ρευστοποιημένου πλήρους θρεπτικού υλικού, που προηγουμένα έχει ψυχθεί στους 50° C περίπου, πάνω από τη μεμβράνη η οποία συγκρατείται με αποστειρωμένη λαβίδα. Μετά την στερεοποίηση του θρεπτικού υλικού επωθείται αναερόβια ή κάτω από άλλες συνθήκες που ευνοούν την αναερόβια σε θερμοκρασία 37 ± 1 °C για 20 ± 4 h και 44 ± 4 h. Εάν χρησιμοποιείται δοχείο αναερόβιας καλλιέργειας ή αναερόβιος επώαστικός κλίβανος τότε η μεμβράνη μπορεί να τοποθετείται στην επιφάνεια του αγάρ με την καλή όψη προς τα επάνω.

9.4 Ερμηνεία

Μετριοούνται όλες οι μαύρες αποικίες μετά από επώαση 20 ± 4 h και 44 ± 4 h.

10 ΕΚΦΡΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Τα αποτελέσματα εκφράζονται σύμφωνα με το ISO 8199.

11 ΕΚΘΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ

Η έκθεση δοκιμής πρέπει να αναφέρει τη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε και να εκφράζει τα αποτελέσματα σαν αριθμό των θειο-αναγωγικών αναστρόβιων μικροβίων (Κλωστηρίδια) ανά όγκο δείγματος που χρησιμοποιήθηκε. Συνήθως πρέπει να αναφέρεται ο αριθμός που βρέθηκε μετά από επώαση 44 ± 4 h. Εάν αυτό δεν είναι δυνατό, τότε θα πρέπει να αναφέρεται ο αριθμός που βρέθηκε μετά από επώαση, 20 ± 4 h σαν κατά προσέγγιση τιμή μόνο.

Επίσης η έκθεση δοκιμής πρέπει να αναφέρει οποιαδήποτε λεπτομέρεια τεχνικής που δεν καθορίζεται στο μέρος αυτό του ΕΛΟΤ EN 26461 ή που θεωρείται σαν προαιρετική μαζί με λεπτομέρειες κάθε γεγονότος που πιθανόν να έχει επηρεάσει τα αποτελέσματα.

Η έκθεση δοκιμής πρέπει να συμπεριλαμβάνει όλες τις πληροφορίες που χρειάζονται για την πλήρη αναγνώριση της ταυτότητας του δείγματος.

εκφράζεται το αποτέλεσμα σαν "περισσότερες από 300 x η αποικίες" ανά κιλιστόλιτρο, όπου η αντιπροσωπεύει τον παράγοντα της αραιώσης. Τα τρυβλία με μεγάλo αριθμό αποικιών, για διευκόλυνση, μπορεί να διαιρεθούν σε 4 ή 6 ίσα μέρη και να μετρηθούν οι αποικίες στο 1/4 ή 1/6 της επιφάνειας οπότε ο τελικός αριθμός βρίσκεται πολλαπλασιάζοντας το αποτέλεσμα επί 4 ή 6 αντίστοιχα καθώς και την τυχόν αραιωση.

- Αν τα τρυβλία που αντιστοιχούν στο 1 ml αυτούσιου δείγματος περιέχουν λιγότερες από 30 αποικίες, τότε τα αποτελέσματα εκφράζονται όπως παρατηρούνται.
- Αν δεν υπάρχει καμιά αποικία, τότε το αποτέλεσμα εκφράζεται "σαν λιγότερες της μιας αποικίας ανά κιλιστόλιτρο" δείγματος.

Συνιστάται να ελέγχονται τα τρυβλία της προηγούμενης και της επόμενης αραιώσης, στις οποίες να διαπιστώνεται μια δεκαπλάσια περίπου διαφορά προς τα άνω και κάτω της επιλεγμένης αραιώσης και αυτό για τον έλεγχο της αξιοπιστίας της καλής εκτέλεσης της τεχνικής.

ΣΣ/αα

ΜΕ

ΡΟ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
7899-2

Second edition
2000-04-15

Water quality — Detection and enumeration
of intestinal enterococci —

Part 2: *(Annexes A and B are normative)*
Membrane filtration method

*Qualité de l'eau — Recherche et dénombrement d'entérocoques
intestinaux —*

Partie 2: Méthode par filtration sur membrane



Reference number
ISO 7899-2:2000(E)

© ISO 2000

Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

International Standards are drafted in accordance with the rules given in the ISO/IEC Directives, Part 3.

Draft International Standards adopted by the technical committees are circulated to the member bodies for voting. Publication as an International Standard requires approval by at least 75 % of the member bodies casting a vote.

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this part of ISO 7899 may be the subject of patent rights. ISO shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard ISO 7899-2 was prepared by Technical Committee ISO/TC 147, *Water quality*, Subcommittee SC 4, *Microbiological methods*.

This second edition cancels and replaces the first edition (ISO 7899-2:1984), which has been technically revised.

ISO 7899 consists of the following parts, under the general title *Water quality — Detection and enumeration of intestinal enterococci*:

- *Part 1: Miniaturized method (Most Probable Number) for surface and waste water*
- *Part 2: Membrane filtration method*

Annex A of this part of ISO 7899 is for information only.

Introduction

In this part of ISO 7899 a method is described for the isolation of intestinal enterococci. *Enterococcus faecalis*, *faecium*, *E. durans* and *E. hirae* can be detected and enumerated with the methods described in this part of ISO 7899. In addition, other *Enterococcus* species and some species of the genus *Streptococcus* (namely *S. bovis* and *S. equinus*) may occasionally be detected. These *Streptococcus* species do not survive long in water and are probably not enumerated quantitatively. For purposes of water examination, enterococci can be regarded as indicators of faecal pollution. However it should be noted that some enterococci found in water can also originate from other habitats.

Water quality — Detection and enumeration of intestinal enterococci —

Part 2: Membrane filtration method

1 Scope

This part of ISO 7899 specifies a method for the detection and enumeration of intestinal enterococci in water by membrane filtration. This part of ISO 7899 is especially intended for examination of drinking water, water from swimming pools and other disinfected or clean waters. Nevertheless, the method can be applied to all types of water, except when a large amount of suspended matter or many interfering microorganisms are present. It is particularly suitable for the examination of large volumes of water containing only a few intestinal enterococci.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of ISO 7899. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of ISO 7899 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of ISO and IEC maintain registers of currently valid International Standards.

ISO 3696:1987, *Water for analytical laboratory use — Specification and test methods*.

ISO 5667-1:1980, *Water quality — Sampling — Part 1: Guidance on the design of sampling programmes*.

ISO 5667-2:1991, *Water quality — Sampling — Part 2: Guidance on sampling techniques*.

ISO 5667-3:1994, *Water quality — Sampling — Part 3: Guidance on the preservation and handling of samples*.

ISO 6887-1:1999, *Microbiology of food and animal feeding stuffs — Preparation of test samples, initial suspension and decimal dilutions for microbiological examination — Part 1: General rules for the preparation of the initial suspension and decimal dilutions*.

ISO 8199:1988, *Water quality — General guide to the enumeration of micro-organisms by culture*.

ISO/IEC Guide 2:1996, *Standardization and related activities — General vocabulary*.

3 Terms and definitions

For the purposes of this part of ISO 7899, the terms and definitions given in ISO/IEC Guide 2 and the following apply.

3.1

Intestinal enterococci

bacteria which are able to reduce 2,3,5-triphenyltetrazolium chloride to formazan and to hydrolyse aesculin at 44 °C on the media (5.3.1 and 5.3.2) specified in this part of ISO 7899

NOTE See also annex A.

4 Principle

4.1 Filtration, incubation and enumeration

The enumeration of intestinal enterococci is based on filtration of a specified volume of water sample through a membrane filter with a pore size (0,45 µm) sufficient to retain the bacteria. The filter is placed on a solid selective medium containing sodium azide (to suppress the growth of Gram-negative bacteria) and 2,3,5-triphenyltetrazolium chloride, a colourless dye, that is reduced to red formazan by intestinal enterococci.

Typical colonies are raised, with a red, maroon or pink colour, either in the centre of the colony or throughout.

4.2 Confirmation

If typical colonies are observed, a confirmation step is necessary, by transfer of the membrane, with all colonies, onto bile-aesculin-azide agar, preheated at 44 °C. Intestinal enterococci hydrolyse aesculin on the medium in 2 h. The end-product, 6,7-dihydroxycoumarin, combines with iron(III) ions to give a tan-coloured to black compound which diffuses into the medium.

5 Apparatus

Except for disposable glassware which is delivered sterile, glassware shall be sterilized in accordance with ISO 8199.

Usual microbiological laboratory equipment and particularly:

5.1 **Membrane filtration apparatus**, according to ISO 8199.

5.2 **Sterile membrane filters**, with a nominal pore size of 0,45 µm.

The quality of membrane filters may vary from brand to brand or even from batch to batch. It is therefore advised to check the quality on a regular basis, in accordance with ISO 7704.

5.3 **Incubator**, capable of being maintained at 36 °C ± 2 °C.

5.4 **Incubator**, capable of being maintained at 44 °C ± 0,5 °C.

5.5 **Autoclave**, capable of being maintained at 121 °C ± 3 °C.

5.6 **Sterile forceps**.

5.7 **Hotplate or water bath**, maintained at 100 °C.

6 Culture media and reagents

6.1 Basic materials

WARNING — The selective media described in this part of ISO 7899 contain sodium azide. As this substance is highly toxic and mutagenic, precautions shall be taken to avoid contact with it, especially the inhalation of fine dust during the preparation of commercially available dehydrated complete media. Azide-containing media should not be mixed with strong inorganic acids, as toxic hydrogen azide (HN_3) may be produced. Solutions containing azide can also form explosive compounds when in contact with metal pipework, for example from sinks.

Azides can be decomposed safely by the addition of an excess of a saturated nitrite solution.

For uniformity of results, in the preparation of media, either use a dehydrated complete medium or use constituents of uniform quality and chemicals of recognized analytical grade. Sodium azide deteriorates with time so that dehydrated media have a limited shelf-life.

NOTE Use of chemicals of another quality is possible provided they are shown to be of equal performance in the test.

6.2 Distilled water or water of equivalent purity, in accordance with ISO 3696, Grade 1.

6.3 Culture media

6.3.1 Slanetz and Bartley medium

6.3.1.1 Basal medium

Tryptose ✓	20,0 g
Yeast extract ✓	5,0 g
Glucose ✓	2,0 g
Dipotassium hydrogenphosphate (K_2HPO_4) ✓	4,0 g
Sodium azide (NaN_3) ✓	0,4 g
Agar ✓	8 g to 18 g ¹⁾
Water ✓	1 000 ml

Dissolve the ingredients in boiling water.

Once dissolution is complete, heat for an additional 5 min.

Cool to 50 °C to 60 °C.

6.3.1.2 TTC solution ✓

2,3,5-triphenyltetrazolium chloride	1 g
Water	100 ml

Dissolve the indicator in the water by stirring.

Sterilize by filtration (0,2 µm).

Protect the solution against the action of light, and discard it if a pink tinge develops.

¹⁾ Depending on the gel strength of the agar.

6.3.1.3 Complete medium

Basal medium (6.3.1.1)	1 000 ml
TTC solution (6.3.1.2)	10 ml

Add the TTC solution to the basal medium cooled to 50 °C to 60 °C.

Adjust the pH if necessary so that after sterilization it is $7,2 \pm 0,1$ at 25 °C, with a solution of sodium carbonate (100 g/l) or of sodium hydroxide (40 g/l) or of hydrochloric acid (36,5 g/l).

Pour 20 ml of medium into Petri dishes of 9 cm diameter (or an equivalent amount in a dish of another size) and allow to set on a cool, horizontal surface.

Poured plates can be stored in the dark for up to 2 weeks at $5\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$.

6.3.2 Bile-aesculin-azide agar ✓

Tryptone	17,0 g
Peptone	3,0 g
Yeast extract	5,0 g
Ox-bile, dehydrated	10,0 g
Sodium chloride (NaCl)	5,0 g
Aesculin	1,0 g
Ammonium iron(III) citrate	0,5 g
Sodium azide (NaN ₃)	0,15 g
Agar	8 g to 18 g ¹⁾
Water	1 000 ml

Dissolve the ingredients in the water by boiling.

Adjust the pH so that after sterilization it is $7,1 \pm 0,1$ at 25 °C.

Sterilize for 15 min at $121\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$.

Cool to 50 °C to 60 °C and pour into Petri dishes to a depth of 3 mm to 5 mm and allow to set on a cool, horizontal surface.

Poured plates can be stored at $5\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ for up to 2 weeks.

7 Sampling

Sampling shall be carried out in accordance with ISO 5667-1, ISO 5667-2 and ISO 5667-3.

8 Procedure

8.1 Preparation of the sample

Prepare the sample, filter and inoculate on isolation media in accordance with the instructions given in ISO 8196 and ISO 6887-1. Start the examination preferably immediately after taking the samples. If the samples are kept at ambient temperatures, the examination shall begin within 6 h after taking the sample. Under exceptional circumstances, it is permissible for the samples to be kept at $5\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ for up to 24 h prior to examination.

If sample dilutions are necessary, prepare these dilutions in accordance with ISO 8196.

8.2 Filtration and incubation

For a general description of the membrane filtration technique, see ISO 8199.

Filter a volume of water appropriate for the water being examined.

Place the membrane filter on Slanetz and Bartley medium (5.3.1).

Incubate the plates at $36^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ for $44\text{ h} \pm 4\text{ h}$.

8.3 Confirmation and enumeration

After incubation, consider all raised colonies which show a red, maroon or pink colour, either in the centre or throughout the colony, as typical.

If there are typical colonies, transfer the membrane and the colonies, with sterile forceps without inverting it, onto a plate of bile-aesculin-azide agar which has been preheated to 44°C .

Incubate at $44^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ for 2 h.

Read the plate immediately.

Regard all typical colonies showing a tan to black colour in the surrounding medium as giving a positive reaction and count them as intestinal enterococci.

NOTE Uneven distribution of colonies or the presence of high background counts may interfere with the differentiation of positive colonies, due to the diffusion of the colour to adjacent colonies.

9 Quality assurance

The laboratory shall have a clearly defined quality control system to ensure that the materials, reagents and techniques are suitable for the test.

10 Expression of results

Calculate the results in accordance with ISO 8199.

11 Test report

The test report shall include the following information:

- a reference to this part of ISO 7899;
- all details necessary for complete identification of the sample;
- the number of colonies confirmed as intestinal enterococci;
- particular phenomena observed during the analysis and any operation not specified in the method, or considered optional, that could have modified the results.

Annex A
(informative)

Further microbiological information on intestinal enterococci

Intestinal enterococci are Gram-positive, usually chain-forming, catalase-negative and coccoid- to egg-shaped bacteria which possess D antigen.